
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: M 2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3902T005 – Automatické řízení a inženýrská informatika

Diagnostika sběrnice Installbus

Diagnostics of Installbus bus

Diplomová práce

Autor:	Vladimír Dittrych
Vedoucí práce:	Ing. Tomáš Martinec
Konzultant:	Ing. Ladislav Krejčí

V Liberci 15. 5. 2007

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra softwarového inženýrství

Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Vladimír Dittrych**

studijní program: **M 2612 – Elektrotechnika a informatika**

obor: **3902T005 – Automatické řízení a inženýrská informatika**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu:

Diagnostika sběrnice Installbus

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se se sběrnicí Installbus a jejími vlastnostmi
2. Nalezněte slabá místa této sběrnice a jejího protokolu
3. Navrhněte přístroj, který bude schopný identifikovat případné chyby v komunikaci
4. Návrh z bodu 3. ověřte realizací funkčního vzorku zařízení

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli při vzniku této práce. Především Ing. Tomáši Martincovi za konzultace o odbornou pomoc. Dále bych rád poděkoval společnosti Enika za materiálovou a informační podporu. Velice děkuji též Ing. Ladislavovi Krejčímu za četné konzultace ohledně systému Installbus. V neposlední řadě děkuji také své rodině za velkou morální podporu.

Abstrakt

Tato diplomová práce řeší problematiku vzniku chyb na sběrnici Installbus vyvíjené společností Enika. Tato sběrnice slouží ke spojení více inteligentních zařízení v budovách. Je rozebrán její komunikační protokol a možné zdroje vzniku chyb v něm. Jsou zde probírány chyby způsobené rušením, chyby některého z prvků sběrnice, chyby v instalaci vedení a chyby vznikající vlivem přetížení sběrnice.

Za účelem sledování a detekování zmíněných chyb sběrnice je v této práci navržen diagnostický přístroj. Návrh je realizován tak, aby přístroj mohli používat i technici provádějící instalaci sběrnice Installbus. Z tohoto důvodu je přístroj navržen jako příruční s tlačítky a LCD. Je doplněno rozhraní USB pro připojení k počítači. Napájení přístroje je navrženo volitelné. Na výběr je napájení přímo ze sběrnice, z externího napájecího adaptéru a nebo v případě komunikace s počítačem i z USB portu. Mezi základní funkce přístroje patří měření napětí na jednotlivých linkách, kontrolování časových limitů a především sledování komunikace s detekcí chyb ve zprávách. Výsledky jsou dostupné přes jednoduché menu na LCD, nebo při připojení k počítači ve speciální aplikaci. S počítačem lze navíc realizovat logování zpráv sběrnice, měnit firmware zařízení a rozšířené funkce. Navržený přístroj byl realizován a úspěšně testován na vývojové verzi sběrnice.

Klíčová slova: průmyslová komunikace, sériová sběrnice, diagnostika komunikace

Abstract

This Diploma Thesis deals with issues of error occurrence on “Installbus” bus by ENIKA corporation. This bus is meant to be used to connect intelligent devices in buildings. Communication protocol is discussed with focus on possible error causes. Namely errors induced by interference, errors caused by malfunction of bus elements, error in link installation and errors by bus overload.

Diagnostic device was designed to detect and monitor errors mentioned above. Design concept was implemented to be used in the field, even by technicians installing Installbus bus. Device is designed as hand-held with buttons and LCD display. It also accepts multiple choices of power supply, either directly from the bus, external power supply or from USB port in case of communication with PC. Basic functions include: voltage measurement on individual lines, timing limits checking and especially communication monitoring with detection of errors in messages. Results are accessible by simple menu on the display or in special application when the device is connected to the PC. Bus message logging and other advanced functions can also be implemented on the PC. This device was created and successfully tested on the development version of the bus.

Keywords: industrial communication, serial bus, communication diagnostics

Obsah

Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	9
Úvod.....	10
1. Inteligentní elektroinstalace budov.....	11
1.1 Nevýhody klasické elektroinstalace.....	11
1.2 Základní vlastnosti inteligentních elektroinstalací.....	11
1.3 Porovnání existujících systémů.....	13
1.3.1 ABB i-bus® KNX/EIB.....	13
1.3.2 ELKO EP – INELS.....	13
1.3.3 Moeller - NIKOBUS	14
1.3.4 Enika - Installbus.....	15
2. Primární sběrnice Installbus.....	16
2.1 Fyzická vrstva.....	16
2.2 Spojová vrstva primární sběrnice Installbus.....	17
2.3 Identifikace prvků.....	19
2.4 Zprávy primární sběrnice Installbus.....	19
2.4.1 Vyhledávací funkce 34h, E9h, F9h, 63h.....	19
2.4.2 Zprávy s přímým adresováním.....	21
3. Chyby na primární sběrnici Installbus.....	22
3.1 Přerušení vodiče.....	22
3.2 Vzájemné spojení linek.....	23
3.3 Přetížení sběrnice.....	24
3.4 Statické zatížení napájecích linek.....	24
3.5 Statické zatížení datových linek.....	26
3.6 Parazitní kapacity primární sběrnice.....	29
3.7 Vnější rušení.....	30
3.8 Chyby v komunikaci.....	30

4. Hardware diagnostického přístroje.....	31
4.1 Mikroprocesor.....	32
4.2 Napájení modulu.....	34
4.3 Sledování stavu datových linek.....	35
4.4 Ovládání datové linky.....	36
4.5 Měření napětí na linkách sběrnice.....	37
4.6 Ovládací prvky.....	38
4.7 LCD displej.....	38
4.8 Rozhraní USB.....	39
4.9 Převodník RS 485 na USB.....	39
4.10 Rozhraní pro čtení EEPROM.....	39
5. Program pro diagnostický přístroj	40
5.1 Sledování primární sběrnice.....	40
5.2 Měření napětí	42
5.3 Odměřování časů.....	43
5.4 Ovládání displeje LCD.....	44
5.5 Uživatelské rozhraní.....	44
5.6 Zobrazení naměřených hodnot.....	46
5.7 Komunikace s počítačem.....	47
5.8 Komunikační protokol Diag - PC	49
5.9 Funkce TEST.....	50
5.10 Nahrávání nového programu.....	51
6. Aplikace IB-Diag	53
6.1 Popis aplikace.....	54
6.2 Obsluha sériového portu.....	54
6.3 Vláknó aplikace pro komunikaci.....	55
6.4 Hlavní vláknó aplikace.....	59
6.4.1 Sledování zpráv primární sběrnice.....	60
Závěr.....	62
Seznam použité literatury.....	63
Příloha A - Schéma zapojení horní desky spojů přístroje.....	64
Příloha B - Schéma zapojení dolní desky spojů přístroje.....	65

Seznam obrázků

Obr. 2.1 – Zapojení primární sběrnice.....	16
Obr. 2.2 – Řídící modul vysílá bit.....	17
Obr. 2.3 – Řídící modul přijímá bit, slave vysílá.....	18
Obr. 2.4 – Reset pulz a Presence pulz.....	18
Obr. 3.1 – Náhradní schéma zapojení napájecího vedení.....	24
Obr. 3.2 – Náhradní schéma zapojení datové části vedení.....	26
Obr. 3.3 – Náhradní schéma pro dominantní stav.....	28
Obr. 4.1 – Ladicí vzorek přístroje s připojeným emulátorem PDS900.....	31
Obr. 4.2 – Fotografie zapouzdřeného přístroje.....	32
Obr. 4.3 – Schéma zapojení napájecí části přístroje.....	34
Obr. 4.4 – Schéma zapojení pro sledování stavu datových linek.....	35
Obr. 4.5 – Schéma zapojení pro ovládání datové linky.....	36
Obr. 5.1 – Priority funkčních částí programu v modulu diagnostiky.....	40
Obr. 5.2 – Stromové uspořádání nabídek přístroje.....	44
Obr. 5.3 – Ukázky zobrazení naměřených hodnot na displeji.....	46
Obr. 6.1 – Aplikace IB-Diag po načtení zpráv z primární sběrnice Installbus.....	53
Obr. 6.2 – Diagram funkce vlákna pro komunikaci.....	56
Obr. 6.3 – Definice typu pro uložení zprávy.....	57
Obr. 6.4 – Definice typů pro uložení měřených hodnot.....	58
Obr. 6.5 – Aplikace IB-Diag s měřenými hodnotami.....	59
Obr. 6.6 – Nastavení zachytávacího filtru.....	60
Obr. 6.7 – Dialog při sledování primární sběrnice Installbus.....	61

Seznam tabulek

Tab. 5.1 – Parametry sériové komunikace.....	47
Tab. 5.2 – Komunikační příkazy.....	49
Tab. 5.3 – Kódování trojic bitů zpráv typu E9h a F9h.....	50
Tab. 5.4 – Seznam vybraných chybových kódů ve funkci TEST.....	51

Úvod

V dnešních moderních domech se začínají realizovat inteligentní elektroinstalace. Pomocí centrálních sběrnic je pak v těchto domech možno ovládat osvětlení, topení, větrání, rolety, žaluzie a mnoho dalších zařízení. Jeden z takovýchto systémů vyvíjí i společnost ENIKA, spol. s r. o. Tato společnost se zabývá mimo jiné i vývojem a výrobou systémů bezdrátového ovládání. Též je distributorem osvětlovací techniky, součástek pro elektrotechniku a komponent pro automatizaci. Vyvíjený systém má pracovní název Installbus a jeho hlavní cílovou skupinou jsou elektroinstalace v rodinných domech a kancelářích. Komunikace v tomto systému je rozdělena na dvě komunikační sběrnice. Na primární sběrnici je tento systém schopen komunikovat s koncovými prvky na vedení dlouhém až tisíc metrů. Primární sběrnice lze pak navzájem spojovat přes sekundární sběrnici.

Cílem této práce je vytvoření návrhu přístroje pro sledování komunikace a hledání chyb na primární sběrnici systému Installbus. V úvodních kapitolách práce jsou nejdříve probírány podobné existující systémy inteligentních elektroinstalací. Dále je detailně prozkoumán systém Installbus se zaměřením na komunikaci po primární sběrnici Installbus. V několika dalších kapitolách jsou rozebírány možné zdroje poruch, které mohou způsobit chyby v komunikaci.

Převážná část práce se následně zabývá návrhem přístroje a jeho programového vybavení včetně uživatelské aplikace pro počítač. Tento přístroj by měl být schopen zajistit zobrazení přenášených zpráv po sběrnici a umožnit detekovat diskutované chyby přímo ve zvoleném místě sběrnice. Při tvorbě programového vybavení je kladen důraz na možnost snadného rozšiřování podporovaných funkcí.

1. Inteligentní elektroinstalace budov

1.1 Nevýhody klasické elektroinstalace

V klasické elektroinstalaci jsou většinou vedeny silové vodiče ke spotřebičům přímo přes vypínače. V případě ovládání světel více vypínači je nutno ke každému vypínači vést minimálně dva, někdy až čtyři dráty na jeden světelný okruh. Světelné okruhy jsou nezávislé a vytvoření vazby na nějakou jinou událost je těžko realizovatelné. V případě požadavku na přidání dalšího ovládacího prvku je nutno rozpojit silové vedení a vložit do vzniklé mezery nový prvek. V některých situacích je však třeba přidat další silové vodiče.

1.2 Základní vlastnosti inteligentních elektroinstalací

Za inteligentní elektroinstalace lze považovat již termoregulační obvod s pokojovým termostatem. Dnes se však pojmem inteligentní elektroinstalace označují takové systémy, ve kterých lze nastavovat nebo programovat chování elektrických spotřebičů a vytvářet mezi nimi vzájemné vazby. Systémy inteligentních elektroinstalací používají odlišnou koncepci ovládání elektrických spotřebičů v budovách, než je používána v klasických elektroinstalacích. V těchto systémech je k ovládacím prvkům přiváděno většinou pouze sběrníkové vedení. Ovládané elektrospotřebiče jsou pak připojeny přímo k silovým prvkům systému, které jsou umístěny převážně v rozvaděčích.

Systémy pro inteligentní řízení budov mohou využívat pro komunikaci mezi systémovými prvky několik různých způsobů propojení. Mezi ty nejčastější patří rádiový signál (RF) a sběrnice. Propojení pomocí RF by se mělo použít především tam, kde není vhodné nebo možné vést sběrníkové vedení. Této možnosti se využívá především ve venkovních prostorách (zahrady, vjezdy apod.), v koupelnách a k dálkovému ovládání z pohodlí křesla nebo postele. U bezdrátového propojení je nebezpečí ztráty přenášené zprávy vlivem rušení. Jelikož snímače obsahují většinou pouze vysílače, schází zde potvrzení o doručení zprávy. Proto se bezdrátová komunikace používá jako doplňková a základní domovní systémy se realizují spíše po sběrníkovém vedení.

Systémové prvky lze rozdělit do několika skupin podle jejich funkcí. Prvky, které poskytují informace o stavu kontaktů nebo měřenou hodnotu dané veličiny, se označují jako snímače. Prvky ovládající koncové elektrospotřebiče se označují jako akční prvky nebo též aktory. Systémy často bývají vybaveny i prvky pro zajištění komunikace mezi předchozími dvěma skupinami prvků a prvky pro vzdálený přístup do systému. Tyto prvky lze označit např. jako komunikační a speciální.

Mezi snímače se řadí všechna tlačítka, vypínače, dálkové ovladače, detektory přítomnosti, detektory pohybu, termostaty, meteostanice a samozřejmě i jednotky logických a analogových vstupů. Ve skupině aktorů se nachází všechny spínací a stmívací prvky, jednotky pro ovládání rolet, žaluzií, vrat apod. Skupina komunikačních prvků obsahuje prvky pro vzdálenou obsluhu systému jako jsou GSM moduly, modul pro připojení k síti Ethernet, přijímače a vysílače pro rádiový signál (RF) pro bezdrátové prvky systému. Mezi speciální prvky systému patří nezbytné napájecí zdroje, centrální řídicí jednotky, zdroje reálného času, posilovače a rozbočovače sběrnice atp.

Mezi jednotlivými prvky systému lze vytvářet vzájemné vazby a realizovat tak komplexní funkce ovládání spotřebičů. Způsoby nastavení těchto vazeb se liší systémem od systému. Některé systémy umožňují nastavení pomocí ovládacích prvků přímo na systémových prvcích. Jiné systémy lze nastavovat pouze prostřednictvím připojeného počítače. Dnešní systémy často umožňují obě tyto možnosti.

Díky velkým možnostem nastavení vazeb v systému lze dosáhnout mnoha příjemných funkcí. Vybavením místnosti pokojovým termostatem a osazením radiátorů termohlavicemi lze dosáhnout požadovaných teplot v požadovaných místnostech a denní době. Proces vytápění lze též doplnit o blokování topení v okamžicích, kdy je otevřeno nějaké z oken. Podle informací z meteostanice, lze např. uzavřít všechna střešní okna, zakrýt bazén apod. Další z možných funkcí systémů může být noční režim ložnic, kdy se při zapnutí nočního režimu zhasnou všechna světla. Současně se vypne napájení všech zásuvek, samozřejmě kromě té s budíkem. Touto funkcí se zmenší elektromagnetické pole v okolí spících lidí. Mezi nejvýznamnějšími doplňkovými funkcemi bývá možnost funkce centrálního vypnutí spotřebičů v budově. Tuto funkci aktivujeme při odchodu z domu. Tím se vypnou všechna zařízení, která nevyžadují trvalé napájení. Pokud je systém vybaven GSM modulem nebo je připojen k síti internet, lze např. na dálku realizovat otevření vjezdu, zapnout vytápění nebo zapínat osvětlení.

1.3 Porovnání existujících systémů

Na českém trhu je nabízeno několik systémů inteligentního řízení budov. Mezi nejvíce známé patří i-bus® EIB/KNX [1] od společnosti ABB, INELS [2] a NIKOBUS [3]. V následujících kapitolách jsou uvedeny základní dostupné informace o použitých sběrniciích v těchto systémech.

1.3.1 ABB i-bus® KNX/EIB

Systém společnosti ABB je určený pro rozsáhlé objekty. Je kompatibilní se specifikací KNX/EIB a lze ho kombinovat se systémy jiných výrobců této specifikace. Tento systém je decentralizovaný se společnou sběrnici. Každý prvek má jednoznačnou adresu a přístup k médiu je realizován pomocí metody CSMA/CA. Po sběrnici se přenáší datové telegramy v rozsahu 20 až 40 ms. Sběrnice je dělená pomocí liniových spojek na linie. Každá linie může obsahovat 64 prvků a po rozšíření až 256 prvků. Linie jsou napájeny ze zdrojů 30 V, galvanicky oddělených od veřejné sítě. Sběrnice tohoto systému je realizována na dvou kroucených vodičích. Používá se však kabel se dvěma kroucenými páry 0,8 mm. Systém ABB i-bus® EIB/KNX nabízí mnoho systémových prvků. Pro tlačítkové vstupy se používá vstupní jednotka, ke které lze připojit velké spektrum vypínačů s designem společnosti ABB. Díky normalizaci jsou vybaveny rozhraním EIB/KNX i některé domácí spotřebiče (např. pračky). Pro vysoké pořizovací náklady se tento systém nasazuje především v komerčních budovách.

1.3.2 ELKO EP – INELS

Systém INELS od společnosti ELKO EP je dalším představitelem inteligentní elektroinstalace. Systém je řízen centrálním modulem, který je vybaven rozhraním Ethernet 10 Mbps pro připojení s počítačem, PDA apod. Dále je centrální jednotka vybavena rozhraním RS232 pro připojení GSM modulu. Celý systém je napájen stejnosměrným napětím 12 V. Pro komunikaci s prvky systému se využívají dvě větve sběrnice CAN. Pro sběrnicevé vedení se používá kabel se dvěma kroucenými páry 0,8 mm. Jeden pár slouží pro napájení prvků sběrnice, druhý pár přenáší linky CAN-H a CAN-L. Maximální délka jedné větve je omezena na 550 metrů. Na jednu větev lze připojit 32 libovolných zařízení (max. 250 zařízení). Systém umožňuje oproti ostatním inteligentním elektroinstalacím navíc i ovládání hlasem. Pro bezdrátové ovládání se v

systému používá IR přenos.

1.3.3 Moeller - NIKOBUS

Systém NIKOBUS od společnosti Moeller je určen především pro rodinné domy. Je konstruován jako částečně decentralizovaný [3]. Systém obsahuje dva typy prvků. Prvním typem jsou senzory komunikující po specializované dvouvodičové sběrnici NIKOBUS s provozním napětím 9 V. Druhým typem prvků systému jsou moduly, které v sobě obsahují zdroj, budiče sběrnice a silové výstupy. Konfigurace systému lze provádět pomocí programovacích tlačítek na modulech nebo pomocí modulu, který obsahuje telefonní modem. V systému lze používat dálkové ovládání s přenosem IR i radiovým RF. Každý modul typu aktor obsahuje výměnnou paměť EEPROM s uloženým nastavením. Na jednu jednotku lze připojit maximálně 256 senzorů.

1.3.4 Enika - Installbus

Jak již bylo zmíněno v úvodu, společnost Enika vyvinula nový systém inteligentní elektroinstalace budov. Ten je veden pod vývojovým označením Installbus. Systém lze rozdělit do několika samostatných částí, např. na jednotlivá podlaží domu. Každá tato část je vybavena minimálně napájecím modulem a řídicím modulem. Komunikace uvnitř dané části probíhá po primární sběrnici Installbus. Propojení jednotlivých částí navzájem je realizováno po sekundární sběrnici Installbus.

Sekundární sběrnice je realizována přes rozhraní RS 485. Protokol RS 485 je konstruován pro připojení více zařízení typu master a slave. V případě sekundární sběrnice Installbus je zařízením typu master pouze komunikační modul. Komunikační modul v roli master tedy řídí všechnu komunikaci sekundární sběrnice. Dále je modul vybaven rozhraním Ethernet, díky němuž lze konfigurovat a ovládat celý systém Installbus pomocí počítače, PDA, atp. K sekundární sběrnici se dále připojují všechny řídicí moduly, modul pro GSM, modul logických funkcí a modul pro bezdrátové ovládání.

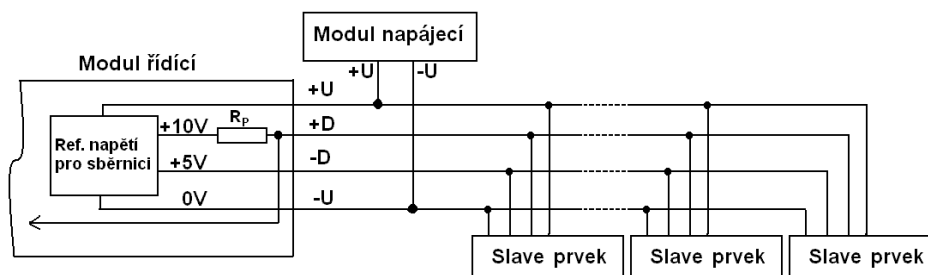
Jak již bylo řečeno, každá primární sběrnice obsahuje minimálně modul napájecí a řídicí. Propojení prvků primární sběrnice Installbus je řešeno pomocí dvou kroucených párů vodičů. Komunikaci na primární sběrnici řídí výhradně modul řídicí, který je zde v roli mastra. Všechny prvky sběrnice Installbus mají své jedinečné registrační číslo o délce 8 bajtů přidělené výrobcem. Každý prvek systému je vybaven výměnnou pamětí EEPROM, v níž je uvedeno zmíněné registrační číslo a nastavení daného prvku. V případě poruchy se stávající prvek zamění za nový (náhradní) a vloží se do něho původní paměť EEPROM. V systému pak není třeba provádět žádné nové nastavení a nový prvek se chová jako původní před poruchou.

Systém Installbus používá pro ovládání systémová tlačítka, která jsou již vybavena rozhraním pro primární sběrnici. Pokud chceme přijímat RF signál v rámci jedné místnosti, tak lze použít systémové tlačítko s RF přijímačem. Pro RF vysílání lze použít většinu vysílačů ze systému BOSys [4] vyráběných společnostmi ENIKA. Mezi prvky primární sběrnice Installbus dále patří termostaty a moduly spínací, stmívací, roletové, modul řízení termohlavic, modul binárních vstupů a mnoho dalších.

2. Primární sběrnice Installbus

2.1 Fyzická vrstva

Primární sběrnice Installbus je realizována na vedení s dvěma kroucenými páry vodičů. Jeden pár (linky označeny +U a -U) slouží pro napájení řídicího modulu a nízkoodběrových prvků sběrnice (tlačítka, termostaty, ...). Druhý pár (linky označeny +D a -D) je využíván k přenosu datových zpráv mezi prvky. Napájecí modul dodává do vedení napájecí napětí 18 až 24 V, které musí být galvanicky odděleno od všech ostatních sítí. V řídicím modulu je z napájecího napětí vytvořeno stabilizované napětí +5 V pro datovou linku -D. Linka +D je pak zdvižena pomocí odporu na napětí +10 V. Symbolické zapojení je uvedeno na Obr. 2.1.



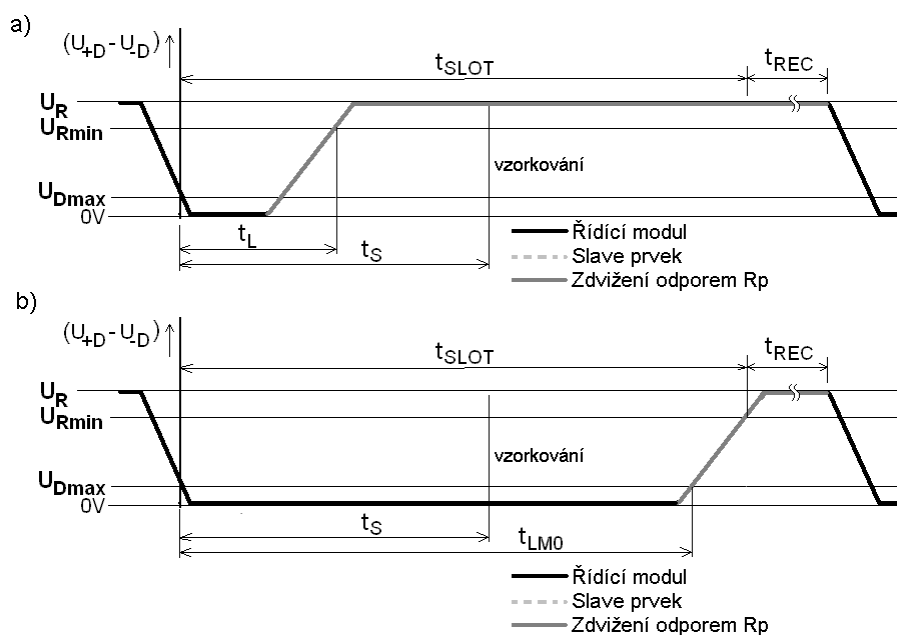
Obr. 2.1 – Zapojení primární sběrnice

Takto realizované datové vedení se může nacházet ve stavu recesivním nebo v dominantním. Při recesivním stavu je linka +D zdvižena na napětí o 5 V výše, než je napětí na lince -D. Dominantní stav vzniká stažením linky +D k lince -D. Stažení linky +D je realizováno unipolárními tranzistory v řídicím modulu, resp. v prvcích sběrnice. Přístup k médium a časování je dáno protokolem (viz. následující kapitola 2.2).

Oddělení datové a napájecí větve umožňuje použití delšího vedení při napájení prvků ze sběrnice. Proud potřebný ke stažení linky +D je mnohonásobně menší než proud odebíraný prvky, které nemají externí napájení (např. systémová tlačítka). Vstupní obvody systémových prvků obsahují diferenciální zesilovače s komparátory, popř. pouze komparátory. Komparátor je vybaven hysterezí, proto je nutné pro detekci dominantního stavu sběrnice dosáhnout poklesu rozdílového napětí linek +D a -D pod hodnotu cca 0,8 V. Přejít do recesivního stavu je detekován teprve v okamžiku, kdy rozdílové napětí datových linek stoupne nad hodnotu cca 2 V. V klidovém stavu sběrnice by mělo být rozdílové napětí cca 5 V. Podrobněji viz kapitola 3.5.

2.2 Spojová vrstva primární sběrnice Installbus

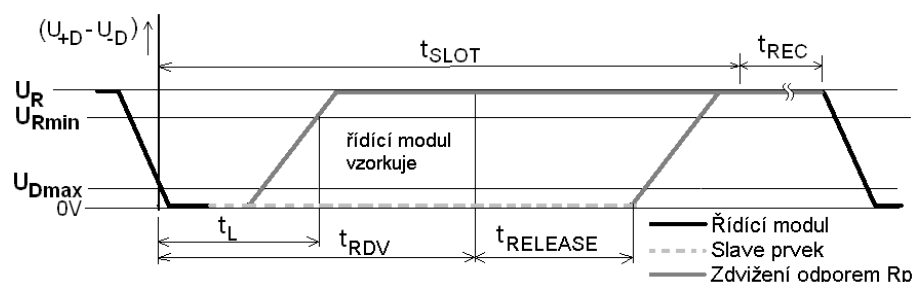
Způsob komunikace v systému Installbus je popsán pouze v podnikové dokumentaci [5]. Po sběrnici Installbus jsou přenášeny jednotlivé bity pomocí definované dlouhých dominantních stavů sběrnice (linek +D a -D). Synchronizace je realizována spádovou hranou, tj. přechodem z recesivního do dominantního stavu. Zahájení dominantního stavu provádí vždy řídicí modul. Řídicí modul linku +D uvolní z dominantního stavu po uplynutí stanovené doby t_L . Po uvolnění se linka ponechá v recesivním stavu minimálně do doby t_{SLOT} , která se odměřuje od spádové hrany linky +D. Pokud však vysílá řídicí modul bit nula, podrží linku v dominantním stavu déle, a to minimálně po dobu t_{LM0} . Prvky typu slave provádějí vzorkování po uplynutí doby t_S od sestupné hrany. Po skončení doby určené pro jeden bit musí následovat zotavovací doba t_{REC} , při které je linka v recesivním stavu. V této době se nabíjejí všechny parazitní kapacity a ustaluje se napětí na datových linkách. Časové průběhy jsou naznačeny na Obr. 2.2a,b.



Obr. 2.2 – Řídicí modul vysílá bit a) jedna, b) nula

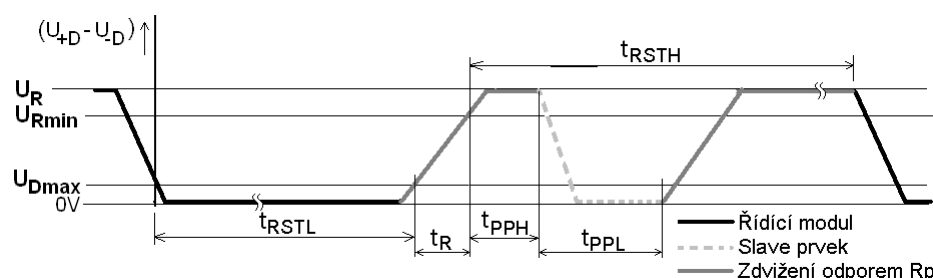
V případech, kdy zdrojem informací má být některý z prvků typu slave, tak řídicí modul stáhne linku +D na dobu t_L . Po této době řídicí modul linku +D uvolňuje a začíná vzorkovat stav datových linek. Prvek, který má vysílat a vysílá bit s hodnotou nula, musí během zmíněné doby t_L aktivovat svůj spínací prvek. V tomto případě, po uvolnění datových linek řídicím modulem, zůstanou datové linky nadále v dominantním stavu. Vysílací prvek při vysílání bitu hodnoty nula drží dominantní stav po dobu t_{LS} . Během

této doby, v okamžiku t_s , provádějí všechny prvky vzorkování stavu datových linek. Průběh signálu je naznačen na Obr. 2.3. Podrobnější rozbor průběhu bitu a problematika zpoždění vlivem parazitních kapacit je probrána v kapitole 3.6.



Obr. 2.3 – Řídicí modul přijímá bit, slave vysílá

Přenášené zprávy po primární sběrnici Installbus jsou složeny z jednotlivých bajtů, tj. slov o velikosti osmi bitů. Celý bajt vysílá vždy jen jeden zdroj. Výjimku tvoří pouze výběrové bity při kolizi více prvků (viz později). Před zahájením přenosu nové zprávy, je vždy na primární sběrnici vyslán řídicím modulem Reset pulz (viz Obr. 2.4).



Obr. 2.4 – Reset pulz a Presence pulz

Reset pulz je vytvořen stažením datové linky do dominantního stavu na dobu minimálně t_{RSTL} . Po uplynutí této doby je datová linka uvolněna a přechází do recesivního stavu. V okamžiku, kdy prvky typu slave detekují návrat do recesivního stavu, začínají tyto prvky odměřovat dobu t_{PPH} . Po uplynutí této doby stahují prvky datovou linku do dominantního stavu na dobu t_{PPL} . Tímto stažením je vyslán tzv. Presence pulz. Pokud je tedy tento pulz vyslán, dostává řídicí modul informaci, že je ke sběrnici připojen alespoň jeden prvek typu slave, a může tedy probíhat komunikace po sběrnici. Pokud na sběrnici vzniká výrazné zpoždění vlivem parazitních kapacit, projevuje se to posunutím zahájení a délkou Presence pulzu. Vysílání prvního bitu zprávy je zahájeno nejdříve v době t_{RSTH} po skončení Reset pulzu. V další kapitole budou probrány jednotlivé druhy přenášených zpráv.

2.3 Identifikace prvků

Každý prvek sběrnice má své jednoznačné registrační číslo RČ. Toto RČ obsahuje celkem 64 bitů a je složeno z několika částí. Nejnižší bajt RČ určuje druh prvku, tzv. Family Code (FC). V prostřední části RČ se nachází šest bajtů (48 bitů) dlouhé sériové číslo prvku (SN). Součástí tohoto SN může být i rozlišení jednotlivých kanálů daného prvku. Nejvyšší bajt RČ obsahuje kontrolní součet CRC, který je vypočten z předchozích sedmi bajtů RČ. Pro výpočet osmibitového CRC lze používat algoritmus využívající logického operátoru nonekvivalence (XOR) a tabelovaných hodnot [6]. Tento postup je vhodný především pro výpočet CRC v používaných mikroprocesorech. Pokud se přeposílají zprávy přijaté pomocí RF signálu, tak identifikační čísla bezdrátového systému jsou upravována na systém RČ sběrnice Installbus s hodnotou FC rovnou C0h.

2.4 Zprávy primární sběrnice Installbus

Po primární sběrnici je přenášeno více druhů zpráv. Každá zpráva začíná kódem, který určuje druh zprávy a způsob adresování prvku sběrnice. Tento kód o velikosti jeden bajt bývá též nazýván ROM funkce. Tyto kódy se dělí do skupin pro přímé adresování a pro vyhledávání. V případě přímého adresování prvků generuje registrační číslo řídící modul. Při vyhledávacích funkcích generují RČ samy prvky. V následujících kapitolách jsou stručně popsány základní zprávy přenášené po primární sběrnici Installbus. Podrobný popis uvádí firemní dokumentace [5].

2.4.1 Vyhledávací funkce 34h, E9h, F9h, 63h

Zprávy s funkcí pro vyhledávání se používají pro zjištění přítomnosti prvků na sběrnici nebo pro získání informace o vzniklé akci v některém z prvků sběrnice. Mezi nejčastější zprávy přenášené po této sběrnici patří zprávy s ROM funkcí 34h. Tuto zprávu vysílají prvky, které mají nastaven příznak AKCE. Tento příznak je nastavován v případě nějaké změny v daném prvku (např. stisk tlačítka, sepnutí relé apod.). První bajt (ROM funkce) vysílá vždy řídící modul. V následujících osmi bajtech vysílá prvek s příznakem AKCE své RČ. V případě, že je přijat první bajt RČ s hodnotou FFh, je zpráva předčasně ukončena a je vyslán Reset pulzu. Po odeslání celého RČ po sběrnici kontroluje řídící modul správnost CRC hodnoty v přenášeném RČ. V případě neshody

hodnoty CRC se jedná o kolizi vysílání více prvků s příznakem AKCE a přenos zprávy je přerušen. V tomto případě bude další zpráva přenášena s ROM funkcí *E9h* (viz. následující odstavec). Je-li CRC v RČ platné, tak následuje jeden bajt se stavovým registrem SR vysílajícího prvku. Tento SR obsahuje informaci o druhu vzniklé změny prvku. Za tímto bajtem je následně přenášén kontrolní součet CRC vypočteného z SR. Hodnotu tohoto CRC kontrolují ostatní prvky sběrnice. Pokud některý z prvků zjistí neshodu hodnot CRC, tak v následujícím bajtu vysílá osm nulových bitů. V případě platné hodnoty CRC je na sběrnici přeneseno osm jedničkových bitů. Pokud vysílající prvek přijme tento poslední bajt s hodnotou 255 (osm jedničkových bitů), tak nuluje příznak AKCE. V ostatních případech příznak AKCE zůstává nastaven a prvek opakuje vysílání v další zprávě s ROM funkcí *34h*.

Po kolizi více prvků s nastaveným příznakem AKCE je přenášena po sběrnici zpráva s ROM funkcí *E9h*. Tato zpráva má obdobné části jako zpráva s ROM funkcí *34h*. Rozdíl je jen ve způsobu určení RČ prvku. Je nutno zvolit, který prvek bude přenášet stavový bajt jako první. V ROM funkci *E9h* je tento problém řešen výběrovým algoritmem, kde jsou pro určení každého bitu z RČ přeneseny celkem tři bity. V prvním bitu vysílají všechny prvky s příznakem AKCE hodnotu daného bitu ze svého RČ. V druhém bitu vysílají tyto prvky negovanou hodnotu bitu. Třetí bit z trojice vysílá řídicí modul, kterým rozhoduje, která hodnota bitu RČ bude platná pro danou zprávu. Pokud tedy prvek zjistí neshodnou hodnotu bitu, tak tuto zprávu dále neovlivňuje. Tímto způsobem je určen jednoznačně jeden prvek s příznakem AKCE a zbytek zprávy probíhá stejně jako s ROM funkcí *34h*.

V případech, kdy je potřeba zjistit RČ všech připojených prvků ke sběrnici, se používají zprávy s ROM funkcí *F9h*. Tato zpráva začíná stejně jako ROM funkce *E9h*, ale končí již za posledním bajtem RČ. Na tuto funkci odpovídají všechny prvky sběrnice. Řídicí modul má implementován algoritmus, kterým postupně vybírá RČ jednotlivých prvků. Podle zvoleného algoritmu se prochází všechna RČ na sběrnici.

Systém Installbus umožňuje přenášet informace o vzniklých akcích i mezi více primárními sběrnici. V takovýchto případech je zpráva přenášena přes sekundární sběrnici. V ostatních primárních sběrnících je RČ a stavový bajt vysílán řídicím modulem pomocí zprávy z ROM funkcí *63h*. Tato zpráva je stejná jako zpráva s ROM funkcí *34h*, celou zprávu však vysílá řídicí modul.

2.4.2 Zprávy s přímým adresováním

Na primární sběrnici Installbus se pro přímé adresování prvků používá především ROM funkce *55h*. Všechny zprávy s touto funkcí začínají kódem ROM funkce a RČ prvku, následovaný kódem tzv. CONTROL funkce (CF). Všechny tyto bajty jsou vysílány řídicím modulem. Podle hodnoty CF je určen význam zbylé části zprávy. Mezi tyto CONTROL funkce patří především *A1h*, *51h*, *AAh*, *5Ah* a *C3h*. Tyto funkce jsou používány pro čtení a zápis do paměti jednotlivých prvků. Prvky mají dva druhy paměti. Ve funkční paměti jsou uloženy hodnoty nastavení prvku, aktuálního stavu, pojmenování prvku a jeho případných kanálů. V druhé paměti jsou uloženy informace o vazbách na ostatní prvky sběrnice.

Čtení z funkční paměti je prováděno pomocí CF *A1h*. V této zprávě je po hodnotě CF vyslán jeden bajt s číslem bloku. Podle této hodnoty je prvkem vyslán požadovaný blok (8 bajtů) z funkční paměti. Zpráva je zakončena vysláním kontrolního součtu CRC, vypočteného z čísla a obsahu čteného bloku. K načtení informací o vazbě na některý z prvků sběrnice je používána CF *55h*. Způsob komunikace je obdobný jako u CF *A1h*. Rozdílná je pouze velikost čteného bloku, která je v tomto případě 16 bajtů.

Zápis do funkční paměti je umožněn pomocí CF *51h*. Zápis do paměti je prováděn po jednotlivých bajtech. U této funkce vysílá řídicí modul po hodnotě CF jeden bajt s číslem bloku a jeden bajt s pozicí zapisovaného bajtu v daném bloku. Za touto adresou dále vysílá hodnotu, kterou chce na danou pozici zapsat. Adresovaný prvek si tyto informace uchovává a vypočítává z nich kontrolní součet CRC, který následně vysílá po sběrnici k řídicímu modulu. Řídicí modul kontroluje platnost hodnoty CRC a v případě platné hodnoty vysílá CF s hodnotou *C3h*. Při chybné hodnotě CRC je zpráva ukončena vysláním Reset pulzu. Pokud adresovaný prvek přijme CF *C3h*, tak provádí zápis do příslušné paměti a na sběrnici vysílá hodnotu zapsaného bajtu, čímž potvrzuje úspěšný zápis do paměti. Po takto dokončeném zápisu může řídicí modul ukončit zprávu, nebo může pokračovat v zápisu vysláním čísla bloku, pozice v bloku atd.

Zápis vazby do paměti snímačů daného prvku se provádí stejným způsobem jako v předchozím případě. Pro zápis se však používá CF *5Ah*. Úspěšný zápis vazby do paměti prvku je podmíněn úspěšným potvrzením všech zapisovaných 16 bajtů. V ostatních případech se zápis do fyzické paměti neprovádí.

3. Chyby na primární sběrnici Installbus

V následujících několika kapitolách jsou rozebrány možné zdroje chyb, jejich důsledky a způsoby, jak je detekovat.

3.1 Přerušení vodiče

Pokud se ve vedení rozpojí některý z vodičů, může to způsobit chybnou komunikaci na celé primární sběrnici Installbus. Poruchy přerušených linek se projevují nedovolenými hodnotami napětí na jednotlivých linkách sběrnice. Některé chyby se mohou projevit teprve tehdy, když je na vedení za poruchovým místem připojen systémový prvek, který je napájen ze sběrnice. U těchto prvků se při poruchách projevují ochranné diody. Tím ovlivňují i ostatní linky, na kterých nebyla původně žádná porucha. Stejně chováni má i modul diagnostiky, který má shodným způsobem řešeny vstupní obvody (viz kapitola 4.3). Prvky napájené z vlastních zdrojů používají pouze datové linky +D a -D. Důsledky rozpojení jednotlivých linek sběrnice jsou probírány v následujících odstavcích.

V případě rozpojení linky +U se prvky napájejí z datové linky +D. To je způsobeno ochrannými diodami ve vstupních obvodech těchto prvků. Linka +D není však určena pro napájení prvků, a je tudíž vlivem procházejícího proudu stažena na nižší napětí. V důsledku tohoto poklesu je i menší napětí v recesivním stavu sběrnice, popř. nelze ani recesivního stavu sběrnice dosáhnout. Tato porucha se dá snadno detekovat tak, že naměřené napětí na lince +U je menší nebo rovno napětí na lince +D.

Přerušení linky +D zapříčiní to, že prvky za touto poruchou budou detekovat trvalý dominantní stav sběrnice, a nebudou tedy moci komunikovat. Prvky připojené před místem poruchy komunikují bez jakéhokoliv omezení. Tuto poruchu lze detekovat pomocí změřených napětí linek +D a -D. Porucha se projevuje tak, že napětí na lince +D je menší než napětí na lince -D.

Pokud je rozpojena datová linka -D, tak její napětí není konstantní a kolísá v závislosti na aktuální hodnotě napětí linky +D. Napětí se bude pohybovat přibližně v polovičních hodnotách napětí linky +D. Prvky umístěné na vedení sběrnice za touto poruchou budou ve většině případů detekovat trvalý recesivní stav sběrnice. Na zbylé části sběrnice probíhá komunikace bez omezení. Detekovat tuto chybu lze z opakovaného měření napětí na lince -D. Jak již bylo řečeno, tato chyba se projevuje

nestabilní hodnotou napětí. V bezporuchovém stavu má linka konstantní napětí cca. 5V vůči lince -U.

Přerušení vodiče na napájecí lince -U zapříčiní nedostatečné napájení prvků, které jsou připojeny za místem poruchy. Tyto prvky se budou částečně napájet přes ochranné diody z datové linky -D. Ve vstupních obvodech jsou však ochranné rezistory s odpory řádově tisíce ohmů, a proto nebudou mít potřebný proud a napětí pro svou činnost. Při větším počtu prvků na poruchové části sběrnice je ovlivněno napětí na datové lince -D, a tím je zmenšeno rozdílové napětí datových linek při recesivním stavu. Na poruchové části sběrnice přestanou fungovat všechny prvky, které jsou napájeny ze sběrnice. Prvky s vlastním napájením by měly fungovat i nadále. Detekovat tuto poruchu lze změřením rozdílového napětí linky -U a -D. Při poruše je napětí na lince -D menší než na lince -U.

Přerušení obou napájecích linek způsobí nefunkčnost prvků, které jsou napájeny z vedení za touto poruchou. Tyto prvky budou částečně zatěžovat datové linky +D a -D. Tím mohou způsobit trvalý dominantní stav na celé sběrnici. Detekce této poruchy se projeví menším napětím na lince +U, než je na lince +D, a větším napětím na lince -U, než je napětí na lince -D.

Pokud se přeruší obě datové linky, jsou obě staženy k napájecí lince -U. Napětí na nich je tedy stejné jako na lince -U. Prvky připojené na vedení za touto poruchou detekují trvalý dominantní stav, a tudíž nemohou komunikovat. Zbylé funkce prvku samozřejmě fungují. Např. tlačítka budou nadále svítit. Detekci této poruchy lze provést změřením napětí na obou datových linkách. Tato chyba by se měla projevit malými hodnotami napětí.

Další kombinace rozpojených linek vždy způsobí alespoň jeden chybový příznak pro detekci chyby ve vedení, který byl diskutován výše.

3.2 Vzájemné spojení linek

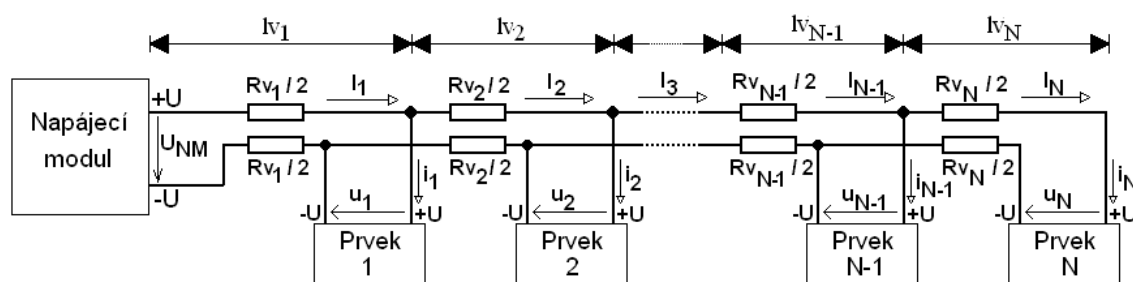
V případě, že se vzájemně propojí některé z linek sběrnice, je znemožněna komunikace po celé sběrnici. Pokud se propojí napájecí linky -U a +U, zvýší tento zkrat odběr z napájecího modulu a ten automaticky odpojí napájení. Jelikož je ze sběrnice napájen i řídicí modul, tak se též vypne. Detekovat chybu vzájemně propojených linek lze pomocí měření všech napětí a porovnání rozdílových hodnot s povolenými minimálními hodnotami těchto rozdílů.

3.3 Přetížení sběrnice

V této kapitole jsou probírány změny pracovních hodnot napětí a časových intervalů na primární sběrnici Installbus v závislosti na počtu připojených prvků a délce použitého vedení. U systému Installbus je doporučeno používat pro vedení kabely YCYM 2x2x0,8. Tento kabel [7] má dva páry kroucených vodičů. Měrný činný odpor smyčky tohoto vedení je $73,2 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$. Kabel vykazuje parazitní kapacitu mezi vodiči $100 \text{ nF} \cdot \text{km}^{-1}$. Nejdříve bude diskutována problematika zatížitelnosti napájecích linek sběrnice a poté přetížení datových linek.

3.4 Statické zatížení napájecích linek

Jak již bylo zmíněno dříve, celá primární sběrnice Installbus je napájena z jednoho napájecího modulu. Ten je vyráběn s napětím 18 V nebo 24 V a s maximálním výstupním proudem 1,2 A. V případě překročení limitu odebíraného proudu je zdroj automaticky vypínán. Typický prvek, který je napájen ze sběrnice, odebírá proud I_{SL} o velikosti přibližně 15 mA. Prvky s vlastním zdrojem napájení nevyužívají napájecí linky sběrnice, a tudíž je nezatěžují. Pro sběrnici Installbus bylo stanoveno minimální napětí pro správnou funkci prvků sběrnice. Toto napětí bude v dalším textu označováno symbolem U_{SLMIN} a jako jeho hodnota se předpokládá 8 V. Pro doporučenou lineární topologii sítě je náhradní schéma propojení napájecích linek na Obr 3.1. Ve schématu jsou pouze prvky, které nemají svůj zdroj a jsou napájeny ze sběrnice.



Obr. 3.1 – Náhradní schéma zapojení napájecího vedení

Na celé zapojení je kladen požadavek, aby napětí na všech prvcích byla větší než napětí U_{SLMIN} . Vlivem průchodu proudu vedením o délce lv vzniká na odporu tohoto vedení úbytek napětí ΔU , který lze vyjádřit vztahem (3-1). Odpor části vedení je zde vypočten z podélné rezistivity ρ a délky daného úseku vedení lv .

$$\Delta U_i = I_i \cdot R_{v_i} = I_i \cdot \rho \cdot lv_i, \quad i = 1 \dots N \quad (3-1)$$

Jelikož předpokládáme v celém zapojení jediný zdroj, a to na začátku vedení, zvyšují jednotlivé odebírané proudy úbytek napětí na celé délce vedení mezi zdrojem a daným prvkem. Pokud by byl na vedení připojen pouze poslední prvek N , byl by úbytek napětí na tomto vedení dán vztahem (3-2), kde je symbolem L doplněným indexem prvku, označena celková vzdálenost od zdroje.

$$\Delta U = \rho \cdot i_N \cdot \sum_{i=1}^N l v_i = \rho \cdot i_N \cdot L_N \quad i_j = 0, \text{ pro } j < N \quad (3-2)$$

Každý další připojený prvek vyvolá na úseku mezi ním a zdrojem navýšení úbytku napětí o velikost součinu proudu tohoto prvku a odporu daného úseku vedení. Úbytek napětí mezi napájecím zdrojem a posledním prvkem na vedení je tedy dán vztahem (3-3).

$$\Delta U = \rho \cdot \sum_{i=1}^N i_N \cdot L_N \quad (3-3)$$

Pro zajištění dostatečného napětí na všech prvcích, které jsou napájeny ze sběrnice, musí být celkový úbytek napětí na vedení mezi napájecím modulem a nejbzdálenějším prvkem menší, než je rozdíl napětí zdroje a minimální povolené hodnoty napětí U_{SLMIN} . Podmínku lze vyjádřit vztahem (1-4) a po vydělení podélnou rezistivitou vztahem (1-5).

$$\rho \cdot \sum_{i=1}^N i_N \cdot L_N < U_{NM} - U_{SLMIN} \quad \sum_{i=1}^N i_N \cdot L_N < \frac{U_{NM} - U_{SLMIN}}{\rho} = KI \quad (3-4), (3-5)$$

Limitní hodnota součtu součinů proudů a vzdáleností jednotlivých prvků od zdroje je dána konstantou KI . Tato konstanta má pro systém Installbus hodnotu 136,6 ampérmetrů. Podmínka je tedy dána nerovností (3-6). Tato hodnota platí pro zdroj 18 V. Minimální napětí na prvku je 8 V a doporučený kabel je YCYM.

$$\sum_{i=1}^N i_N \cdot L_N < 136,6 \quad (3-6)$$

Aby byl schopen řídicí modul vytvořit stabilizované zdroje napětí pro datové linky primární sběrnice Installbus, vyžaduje alespoň napájecí napětí 13,5 V. Samotný řídicí modul odebírá proud přibližně až 40 mA. Poněvadž je řídicí modul napájen též z primární sběrnice, je nutno umístit ho do blízkosti napájecího modulu, nejlépe hned vedle. Maximální vzdálenost od napájecího modulu lze určit vztahem (3-7), kde se předpokládá napájecí napětí 18 V a maximální odběr ze zdroje 1,2 A.

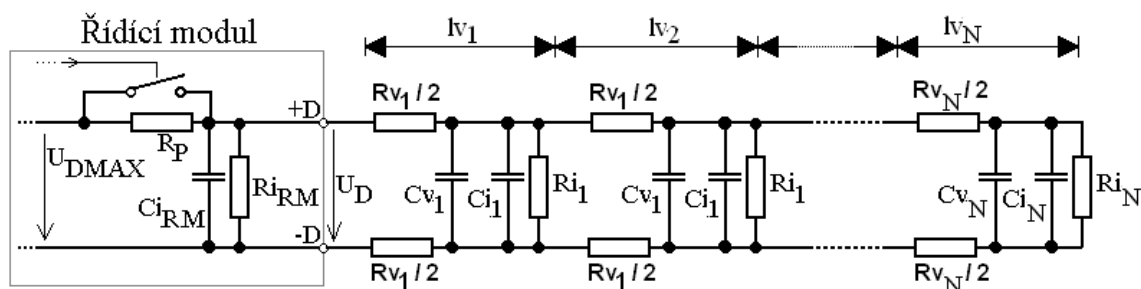
$$l_{RMAX} = \frac{U_{NM} - U_{RMMIN}}{I_{MAX} \cdot \rho} = \frac{18 - 13,5}{1,2 \cdot 0,0732} = 51,2 \text{ m} \quad (3-7)$$

Pokud je splněna podmínka daná výrazem (3-6), mělo by být na všech prvcích napájených ze sběrnice dostatečné napětí. Při porušení této podmínky mohou některé prvky pracovat chybně. Tuto chybu lze detekovat změřením napětí napájecích linek na všech prvcích umístěných nejdále od napájecího modulu. Pokud je umístěn řídicí modul dále jak 51,2 m od napájecího modulu, nesmí se již odebírat maximální proud ze zdroje. Nedostatečné napětí pro řídicí modul lze zjistit změřením napětí přímo na něm.

3.5 Statické zatížení datových linek

Jak již bylo zmíněno dříve, přenos informací probíhá pomocí dvou vodičů s označením -D a +D. Potenciál linky -D je pevně nastaven řídicím modulem tak, aby bylo rozdílové napětí mezi linkou -D a -U přibližně 5 V. Linka +D je připojena přes odpor R_P o velikosti 560 ohmů k napětí o 5 V vyšší, než je na lince -D. Datová linka +D se může nacházet ve dvou stavech. Prvním je stav recesivní. Při tomto stavu je linka +D zatížena pouze vstupními odpory všech snímačů. Druhý stav datového vedení označujeme jako dominantní. V tomto stavu jsou linky -D a +D spojené alespoň jedním z prvků nebo řídicím modulem. Toto spojení je ve většině případů realizováno unipolárním tranzistorem, který má odpor v sepnutém stavu přibližně 0,2 ohmu.

Přechod z recesivního stavu do dominantního detekují prvky teprve při poklesu napětí mezi datovými linkami pod hodnotu 0,8 V až 1 V. Přechod do recesivního stavu je detekován teprve dosažením rozdílového napětí 2,0 V až 2,2 V. Aby tedy byla zajištěna správná funkce primární sběrnice, je nutné, aby při recesivním stavu bylo na všech prvcích rozdílové napětí datových linek minimálně cca. 2,5 V. Pro dominantní stav je pak nutno zajistit rozdílové napětí max. cca 0,5 V. Pro následující úvahy zde byla zvolena rezerva 0,3 V. Propojení datových linek je naznačeno na Obr. 3.2.



Obr. 3.2 – Náhradní schéma zapojení datové části vedení

Jedná se o zjednodušené náhradní schéma. Vedení je zde nahrazeno činným odporem smyčky R_v a parazitní kapacitou mezi vodiči C_v . Izolační odpor mezi vodiči na maximální délce jednoho kilometru je minimálně 100 megaohmů. Jelikož vnitřní odpor prvků sběrnice R_i je přibližně 100 kiloohmů, lze zmíněný izolační odpor zanedbat. Indukční charakter vedení je v následujících úvahách též zanedbán. Vstupní obvody prvků sběrnice jsou v daném schématu nahrazeny jejich vstupní impedancí, kterou zde představuje vstupní odpor R_i a vstupní kapacita C_i .

Nyní bude zkoumáno statické zatížení datových linek primární sběrnice Installbus. Aby bylo možno vytvořit na sběrnici recesivní stav, je nutno zajistit na všech prvcích takovou hodnotu napětí, aby byla všude větší než povolené minimum U_{RMIN} , tj. přibližně 2,5 V. Nejmenší napětí při recesivním stavu se nalézá na nejvzdálenějším prvku sběrnice. Vlivem proudu procházejícím vstupními impedancemi prvků vzniká úbytek na interním zdvihacím odporu R_p v řídicím modulu. Odpor vedení na maximální povolené délce jednoho kilometru je 73,2 Ω . Pokud předpokládáme vstupní odpor prvků 100 k Ω , lze pro recesivní stav zanedbat odpor vedení. Tímto zjednodušením jsme získali úlohu pro výpočet odporového děliče napětí, kde se v horní části děliče nachází zdvihací rezistor R_p a v dolní části paralelní zapojení vstupních odporů všech prvků připojených ke sběrnici. Maximální povolený proud procházející tímto děličem určíme pomocí Ohmova zákona, kde rozdíl napětí U_{DMAX} a U_{RMIN} podělíme odporem zdvihacího rezistoru. Tento vztah je vyjádřen výrazem (3-8).

$$I_{RMAX} = \frac{U_{DMAX} - U_{RMIN}}{R_p} \quad (3-8)$$

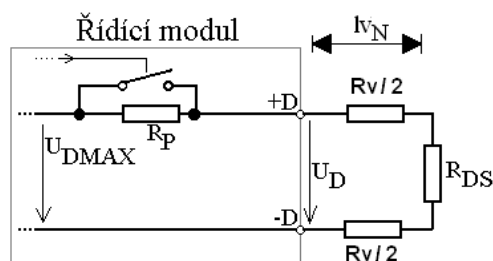
Dosazením uvedených hodnot získáme maximální povolený proud děličem 4,46 mA. Za předpokladu, že mají všechny prvky včetně řídicího modulu stejný vstupní odpor R_i o velikosti 100 k Ω , lze definovat podmínku pro maximální počet připojených prvků zjednodušeným výrazem (3-9).

$$N_{MAX} = \frac{I_{RMAX}}{I_{prvek}} = \frac{I_{RMAX}}{\frac{U_{RMIN}}{R_i}} = R_i \cdot \frac{I_{RMAX}}{U_{RMIN}} \quad (3-9)$$

Po dosazení konkrétních hodnot získáme hodnotu 178. Z pohledu statického zatížení datových linek při recesivním stavu lze teoreticky připojit ke sběrnici až 178 prvků.

V případě stažení datových linek do dominantního stavu, je nutno zajistit, aby

bylo na všech prvcích ustálené napětí mezi datovými vodiči menší než 0,5V. Přechod do dominantního stavu zajišťuje většinou řídicí modul. Řídicí modul stáhne vedení přes odpor unipolárního tranzistoru 0,2 Ω. Úbytky napětí na vedení a vstupních odporech prvků způsobují v tomto případě pouze snížení napětí mezi datovými linkami. Z tohoto důvodu je dominantní stav od řídicího modulu přenesen na všechny prvky. Pokud však vysílá prvek bit s hodnotou nula, ji podrží po stažení datové linky +D v dominantním stavu. V této situaci se může projevit odpor dlouhého vedení sběrnice. Pokud drží datové vedení v recesivním stavu nejvzdálenější prvek, musí být rozdíl napětíových linek na celém vedení menší než 0,8 V. Tato hodnota postačí k tomu, aby řídicí modul detekoval stále dominantní stav a nesnažil se urychlit přechod do recesivního stavu (viz později). Náhradní schéma obvodu uvedené na Obr. 3.2 lze pro tuto situaci zjednodušit na schéma zobrazené na Obr. 3.3.



Obr. 3.3 – Náhradní schéma pro dominantní stav

Jelikož nyní zkoumáme statické vlastnosti, vynecháme všechny parazitní kapacity. Vzhledem k tomu, že odpor spínacího prvku je 0,2 Ω, můžeme zanedbat i odpory vstupních obvodů prvků. S takto zjednodušeného obvodu lze určit maximální délku vedení. Tuto délku určíme pomocí maximálního odporu, jaký může toto vedení mít. Velikost tohoto odporu určíme z limitní hodnoty napětí U_{DDMAX} ($U_{DDMAX} = 0,8 \text{ V}$) a jí odpovídajícímu maximálnímu proudu. Celá závislost je vyjádřena vztahem (3-10), kde ρ je podélná rezistivita vedení.

$$I_{MAX} = \frac{1}{\rho} \cdot \left(\frac{U_{DDMAX}}{I_{DDMAX}} - R_{DS} \right) = \frac{1}{\rho} \cdot \left(\frac{R_P \cdot U_{DDMAX}}{U_{DDMAX} - U_{DDMAX}} - R_{DS} \right) \quad (3-10)$$

Dosažením uvedených hodnot získáme hodnotu $I_{MAX} = 1454 \text{ m}$. V systému Installbus je doporučená maximální délka 1000 metrů, proto by neměl vznikat zkoumaný problém.

3.6 Parazitní kapacity primární sběrnice

V předchozích kapitolách byly rozebírány statické vlastnosti datového vedení. Nyní bude diskutováno chování datové sběrnice při přechodech z recesivního do dominantního stavu a opačně. Ideální by byl skokový přechod z jedné krajní hodnoty napětí do druhé. Vlivem parazitních kapacit vedení a vstupních obvodů prvků dochází k jejich pozvolnému nabíjení (resp. vybíjení), a tím ke zpoždění detekce příslušné hrany.

Největší nebezpečí vzniku chybových stavů je v případě slotu s datovým bitem. Za normálních podmínek, kdy se výrazněji neprojevuje zpoždění vlivem parazitních kapacit, stahuje řídicí modul datovou linku na dobu cca. 25 μ s. Po uvedené době řídicí modul uvolňuje linku. Ta se uvolní pouze tehdy, pokud ji nepřidrží některý z ostatních prvků. Pokud tedy chce některý z prvků vysílat bit s hodnotou nula, musí do uvedené doby aktivovat svůj spínací obvod. Všechny prvky provádějí vzorkování v okamžiku odměření 50 μ s od detekce spádové hrany. Pokud některý prvek drží linku staženou, aby vyslal bit s hodnotou nula, uvolňuje ji až v okamžiku 70 μ s od detekce spádové hrany.

V případě parazitních kapacit dlouhého vedení vzniká zpoždění na vedení a každý prvek detekuje spádovou a náběžnou hranu v jiném čase. V takovémto případě je nutno zajistit, aby zpoždění sestupné hrany bylo, menší než je uvolněna linka řídicím modulem, tj. 25 μ s. Zpoždění náběžné hrany nesmí být větší než 25 μ s, aby se chybně nevzorkoval stav datové linky. Jelikož vysílací prvek drží datovou linku max. 70 μ s od sestupné hrany, tj. 20 μ s po okamžiku řádného vzorkování, smějí ostatní prvky detekovat sestupnou hranu maximálně se zpožděním 20 μ s.

V okamžiku, kdy je zpoždění sestupné hrany delší než 20 μ s, tak prvek s tímto zpožděním bude vzorkovat náhodné stavy datových linek a chybně přijímat data. To způsobí, že tento prvek bude vždy na konci zprávy hlásit chybu CRC, a tím znemožní veškerou komunikaci na primární sběrnici. V případě zpoždění větším než 25 μ s je velké nebezpečí, že napětí mezi datovými linkami neklesne pod potřebnou hodnotu k překlopení komparátoru. V tomto případě nejsou detekovány bity s hodnotou jedna a tyto prvky způsobí narušení komunikace.

Při měření na reálném systému se sběrnice s vedením o délce 1 km, bylo naměřeno zpoždění 13,5 μ s. Pokud tedy budou dodrženy doporučení při instalaci systému Installbus, tak by nemělo docházet k zmíněným chybám.

3.7 Vnější rušení

Dalším zdrojem poruch na primární sběrnici Installbus by mohlo být indukované napětí. Jelikož je doporučeno používat kabely s kroucenými páry vodičů, je tím zmenšeno ovlivnění elektromagnetickým rušením. Dále zamezuje ovlivnění komunikace indukovaným napětím použití komparátorů s hysterezí 1 V. Rušivé pulzy jsou většinou tak krátké, že příslušné komparátory na ně nestíhají reagovat.

3.8 Chyby v komunikaci

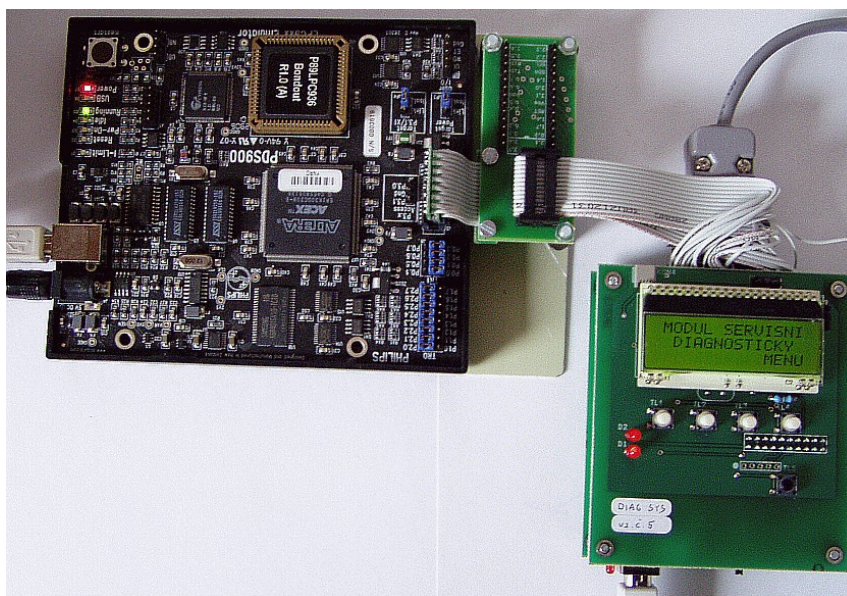
Každý prvek sběrnice si v průběhu přenosu zprávy počítá z dané zprávy kontrolní součet CRC. Hodnotu tohoto CRC vysílá autor zprávy. Ostatní prvky jej porovnávají a v případě neshody vysílají v dalším bajtu osm nulových bitů. Chybné CRC je tedy ošetřeno již protokolem. Protokolem je též stanoveno, že po čtyřech neúspěšných pokusech se již daná zpráva nevysílá a je odstraněna.

Při komunikaci se mohou vyskytnout chyby způsobené vnitřní chybou programu některého z prvků. Tyto chyby se vyskytují především při odladování a testování prvků během jejich vývoje. Pro odhalení těchto chyb je nutno zobrazit přenášená data po sběrnici. Toto zobrazení by mělo být přehledné a pokud možno dělené po jednotlivých zprávách.

4. Hardware diagnostického přístroje

Sledování komunikace na primární sběrnici Installbus je náročné na měřicí přístroje. Jelikož se jedná o sběrnici, je třeba měřit napětí na jednotlivých linkách v definovaných okamžicích. Hodnoty některých veličin lze měřit pouze pomocí speciálních přístrojů (osciloskopy, analyzátory apod.). Tyto přístroje však neumožňují sledování vlastní komunikace a jejího protokolu. Proto vzešel od společnosti ENIKA požadavek na přístroj, který by umožňoval měřit potřebné veličiny a sledovat primární sběrnici Installbus. Návrhem tohoto přístroje, včetně programového vybavení, se zabývají následující kapitoly. Jelikož návrh a realizaci mechanických částí přístroje (desky plošných spojů a pouzdro přístroje) zajistilo vývojové oddělení společnosti Enika, bylo původní navrhované zapojení přístroje a použité součástky uzpůsobeno požadavkům ze strany vývojářů. Součástky a obvody byly voleny s ohledem na výrobu ve společnosti Enika, proto je použita většina součástek stejných, jako se používají v ostatních modulech sběrnice Installbus. Přístroj je navržen pro výrobu povrchových montáží SMD součástek.

V textech bude přístroj označován jako modul diagnostiky. V následujících kapitolách jsou stručně popsány jednotlivé části přístroje. Celkové schéma modulu diagnostiky se nachází v příloze A a v příloze B. Fotografie vzorku přístroje s připojeným emulátorem procesoru je na Obr. 4.1. Fotografie zapouzdřeného přístroje je na Obr. 4.2. Popisu programového vybavení je věnován celý oddíl 5 této práce.



Obr. 4.1– Ladící vzorek přístroje s připojeným emulátorem PDS900.



Obr. 4.2 – Fotografie zapouzdřeného přístroje.

4.1 Mikroprocesor

V modulu diagnostiky je použit mikroprocesor P89LPC936 od společnosti Philips [8], [9]. Je použito provedení SMD s pouzdrem TSSOP 28. Hlavním důvodem výběru uvedeného mikroprocesoru bylo technické zázemí ve společnosti Enika, která zajistila pro ladící účely i potřebný emulátor PDS900 tohoto mikroprocesoru.

Použitý mikroprocesor je osmibitový s instrukční sadou kompatibilní se standardem 80C51. Tento mikroprocesor je z řady LPC900, která se vyznačuje vysokou rychlostí vykonávání instrukcí. Klasické mikroprocesory řady x51 vyžadují na vykonání jedné instrukce 12 až 24 hodinových cyklů. Mikroprocesory řady LPC900 potřebují na vykonání jedné instrukce pouze 2 až 4 hodinové cykly, tzn. že jsou až šestkrát rychlejší. Tyto mikroprocesory jsou vybaveny interním RC oscilátorem o frekvenci 7,373 MHz. Odchylka od této frekvence je minimalizována nastavením speciálního funkčního registru. Od výroby je nastavena korekční hodnota tak, aby chyba frekvence interního oscilátoru nebyla větší než 1%. V případě požadavku na jinou pracovní frekvenci lze připojit externí krystal o požadované frekvenci. Mohou pracovat na frekvenci od 20 kHz až 18 MHz. Mezi vnitřním a vnějším oscilátorem lze přepínat i za běhu programu.

Mikroprocesor P89LPC936 je vybaven 16 kB přepisovatelnou flash pamětí pro program. Dále obsahuje 256 bajtů datové paměti a 512 bajtů rozšířené datové paměti,

kteřá je přístupná pomocí instrukce *MOVX*. Pro uložení nastavení lze použít integrovanou paměť EEPROM o velikosti 512 bajtů. Mikroprocesor lze napájet v rozsahu 2,4 V až 3,6 V, přičemž vstupy tolerují logické signály napětí až do velikosti 5,5 V. V modulu diagnostiky je použito napájení procesoru 3,0 V. V případě použití externího krystalu a funkce reset lze využít až 23 vstupně/výstupních pinů.

Nahrání nového programu do mikroprocesoru lze provést několika způsoby. Pokud máme mikroprocesor samostatně, lze jej programovat vložením do průmyslových programátorů (In-Circuit Programming). V případě, že je mikroprocesor již namontován do cílové aplikace, je možno využít sériové programování (In-System Programming). Procesory řady LPC900 umožňují přepisování programové paměti i za běhu programu (In-Application Programming). K tomuto účelu se využívá speciálních funkčních registrů.

Mikroprocesor P89LPC936 obsahuje dva šestnáctibitové univerzální čítače (časovače). Dále je vybaven čítačem reálného času RTC. Pro sériovou komunikaci lze využít generátor BRG, který je pro tento účel vytvořen. Použitím tohoto generátoru lze tedy komunikovat po sériové lince, aniž by se musel používat časovač T1. Procesor je samozřejmě vybaven hlídacím obvodem WDT, který pracuje na vlastním oscilátoru o frekvenci 400 kHz.

Komunikaci s okolními periferiemi lze zajistit integrovanými řadiči sériových rozhraní I²C, SPI i UART. Pro účely měření analogových veličin jsou v procesoru integrovány dva čtyřkanálové analogo-digitální převodníky s rozlišením osm bitů. Tyto převodníky pracují na aproximačním principu. V modulu diagnostiky jsou využívány k měření na jednotlivých linkách sběrnice (viz. kap. 4.5). Mikroprocesor obsahuje dva analogové komparátory s volitelnou referencí. Referenční napětí může být použito jak z interního ref. zdroje 1,23 V, tak i z externího zdroje připojeného na definovaný vývod pouzdra. Komparátor je v přístroji využíván pro sledování datové linky.

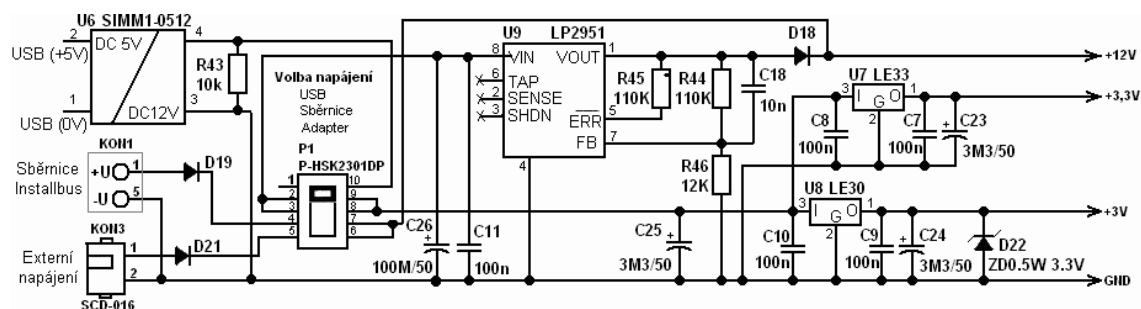
4.2 Napájení modulu

V modulu diagnostiky je vyžadováno více napěťových úrovní. Většina obvodů pracuje na napětí 3 V. Vstupní rozdílový zesilovač vyžaduje napájení optimálně nejméně 12 V. Displej LCD pracuje s napájecím napětím 3,3 V. Podsvícení displeje je zapojeno v sériovém zapojení na napětí 12 V. Převodník sériové linky na USB je napájen napětím 5 V přímo z rozhraní USB. Modul diagnostiky je navržen tak, že lze způsob napájení zvolit ze tří možností.

V případě testování sběrnice na montáži lze využít napájení přímo z primární sběrnice Installbus, kde by mělo být napětí kolem 18 V. V případě malého napětí nemusí správně fungovat vstupní rozdílový zesilovač. V takovém případě je nutno použít některý ze zbylých způsobů napájení.

Pokud je k modulu diagnostiky připojen počítač přes rozhraní USB, tak lze přepnout napájení modulu z tohoto rozhraní. USB má napájecí napětí 5 V. Jelikož je vyžadováno v modulu napětí 12 V, je použit DC-DC měnič SIMM1-0512 pro převod na zmíněných 12 V. Použití DC-DC měniče řeší i problematiku galvanického oddělení od ostatních sítí. Modul diagnostiky má zem (GND) spojení s napájecí linkou -U primární sběrnice Installbus, a proto nesmí být spojen s žádnou cizí zemí.

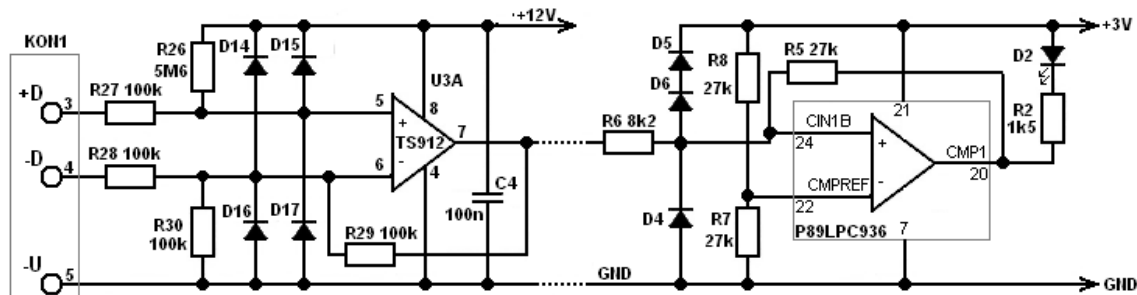
Třetí možností napájení modulu diagnostiky je použití externího zdroje napětí 12 V. Konektor pro připojení tohoto zdroje je klasický napájecí konektor SCD-016 s vidlicí 2,1 mm.



Obr. 4.3 – Schéma zapojení napájecí části přístroje

4.3 Sledování stavu datových linek

Pro sledování stavu datových linek primární sběrnice Installbus bylo převzato zapojení z ostatních prvků primární sběrnice Installbus. Použitím stejného zapojení je zajištěna detekce změny stavu datových linek ve stejných okamžicích jako u všech ostatních prvků sběrnice. Schéma zapojení z Obr. 4.4 lze rozdělit na dvě části.



Obr. 4.4 – Schéma zapojení pro sledování stavu datových linek.

V první části je pomocí rozdílového zesilovače převáděno rozdílové napětí mezi datovými linkami na absolutní hodnotu. Rozdílové napětí mezi datovými linkami nabývá hodnot nula až pět voltů. Výstup ze zesilovače je tedy též v rozsahu nula až pět voltů. Tento signál je dále přiveden do druhé části sledovacího zapojení. Druhou část tvoří komparátor, který je součástí použitého mikroprocesoru P89LPC936. Referenční napětí pro komparátor je vytvořeno odporovým děličem z napájecího napětí procesoru a je nastaveno na hodnotu 1,5 V. Napětí vytvořené v první části je přivedeno na vstup komparátoru přes odporový dělič, který má druhý konec připojen na výstup zmíněného komparátoru. Takto připojený dělič vytváří hysterezní pásmo komparátoru. Komparátor překlápí v okamžiku, kdy napětí z děliče R5-R6 dosáhne referenčního napětí 1,5 V. Této hranice se dosáhne při vstupním prahovém napětí U_{DP} , jehož velikost je daná vzorcem (4-1), kde CMP1 může nabývat hodnoty 0 nebo 1.

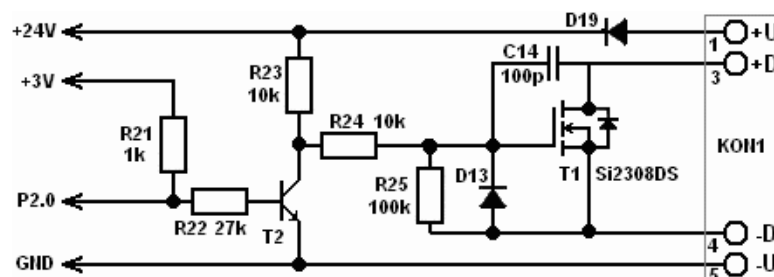
$$U_{DP}(CMP1) = U_{REF} - \frac{(CMP1 \cdot 3 - U_{REF}) \cdot R6}{R5} \quad (4-1)$$

Přechod z klidového stavu datových linek do aktivního (dominantního) je detekován teprve při poklesu rozdílového napětí datových linek pod hodnotu $U_{DP}(1) = 1,04$ V. V okamžiku poklesu napětí pod tuto hodnotu komparátor překlápí do hodnoty nula. Pro detekci přechodu datových linek do klidového stavu je nutné dosáhnout rozdílového napětí datových linek přibližně $U_{DP}(0) = 1,96$ V.

Na výstup komparátoru je připojena svítící LED dioda, která svítí v době, kdy je komparátor překlopen do hodnoty nula. Pokud je tedy funkce komparátoru povolena, tato LED indikuje aktivní stav datových linek. Jelikož se používá komparátor integrovaný v mikroprocesoru P89LPC936, má procesor vždy informaci o aktuálním stavu komparátoru, a tím potažmo i o stavu datových linek. Procesor má též možnost reagovat na změnu výstupu komparátoru prostřednictvím speciálního přerušení. Program na sledování stavu datových linek je podrobněji popsán v kap. 5.1.

4.4 Ovládání datové linky

Aby mohl modul diagnostiky komunikovat po primární sběrnici Installbus, je vybaven spínacím obvodem. Schéma zapojení tohoto obvodu je na Obr. 4.5.



Obr. 4.5 – Schéma zapojení pro ovládání datové linky.

Obvod je realizován unipolárním tranzistorem Si2308DS, který má v sepnutém stavu odpor maximálně $0,2 \Omega$ [10]. Při sepnutí tohoto tranzistoru je stažena datová linka +D k datové lince -D. Z důvodu napěťového posunutí datových linek vůči zemi modulu, je unipolární tranzistor T1 řízen přes pomocný spínací tranzistor T2. V klidovém stavu je tranzistor T2 otevřen, a tím je přes odpor R24 a diodu D13 vytvořeno záporné napětí na řídicím vstupu tranzistoru T1. V důsledku tohoto záporného napětí má tranzistor T1 velkou impedanci. Pokud je vyžadováno stáhnutí datové linky, musí se nastavit na vývodu procesoru P2.0 hodnota nula. To způsobí, že se tranzistor T2 uzavře. Přes odporový dělič R23-R25 je přivedeno kladné řídicí napětí na tranzistoru T1 a ten přechází do sepnutého stavu.

4.5 Měření napětí na linkách sběrnice

Napětí se měří na obou datových linkách (+D a -D) a na kladné napájecí lince (+U). Všechna měřená napětí jsou měřena proti záporné napájecí lince (-U). K měření se využívá A/D převodníků integrovaných v použitém procesoru P89LPC936. Tyto převodníky pracují na aproximačním principu. Vzorkují a následně převádějí napětí v rozsahu nula voltů až napájecí napětí procesoru, tj. tři volty. Tento rozsah je rozdělen rovnoměrně na 256 hodnot, kde hodnota nula odpovídá napětí nula volt a hodnota 255 odpovídá plnému napětí tři voltů. Jelikož napětí na měřených linkách může dosahovat až hodnoty 25 V, je použit odporový dělič pro snížení měřeného napětí na rozsah A/D převodníků. Protože byl vznesen požadavek na zobrazování naměřeného napětí na displeji LCD, byl dělicí poměr odporového děliče stanoven tak, aby jeden bit odpovídal napětí přibližně jedné desetině voltu. Pro takto navržený dělič by byl měřený rozsah od nuly až do 25,5 voltů. Dělicí poměr je tedy $25,5 : 3 = 8,5$. Pokud se tedy použije v dolní části děliče rezistor s odporem 10 k Ω , měla by být v horní části děliče umístěna hodnota odporu 85 k Ω . Tato hodnota se však nevyrábí v žádné ze základních řad hodnot. Nejbližší hodnota je 82 k Ω . Zde bylo rozhodnuto, že se horní část odporového děliče složí ze dvou často používaných hodnot odporů. Konkrétně jsou použity odpory 27 k Ω a 47 k Ω .

Výstupy z jednotlivých děličů jsou připojeny tak, aby bylo možno měřit napětí na obou datových linkách současně. Proto je linka -D měřena nultým kanálem A/D převodníku nula. Linka +D je měřena nultým kanálem u A/D převodníku jedna. Měření napájecí linky +U je realizováno přes první kanál A/D převodníku nula. Aby se zamezilo poškození procesoru, jsou výstupy z odporových děličů připojeny přes ochranné diody k napětí tři voltů a k zemi. Dále byly umístěny na vstupy A/D převodníků kondenzátory s malými kapacitami, řádově pF, pro zmenšení vlivu šumu na měřených linkách.

4.6 Ovládací prvky

Modul diagnostiky lze ovládat pomocí čtyř tlačítek, které jsou umístěny na horní části krytu hned pod displejem LCD. Význam funkce jednotlivých tlačítek je dán aktuální pozicí v nabídce zobrazené na displeji. Při procházení základními nabídkami slouží levé tlačítko pro posun v nabídkách o úroveň výše. Druhé a třetí tlačítko slouží pro přepínání mezi nabízenými podnabídkami. Pravé tlačítko je určeno pro potvrzení výběru zvolené podnabídky, popř. funkce. V pravo pod displejem je další přístupné zapuštěné tlačítko. Toto tlačítko slouží pro resetování programu v modulu. Modul je dále vybaven přepínačem volby napájení. Modul diagnostiky lze též ovládat z počítače přes rozhraní USB.

4.7 LCD displej

V modulu diagnostiky je použit displej EA DOG-M163E-A [11]. Je to třířádkový LCD displej po šestnácti znacích. Znaky jsou vytvářeny v maticích o rozměrech 5 x 8 bodů. Napájen je napětím 3,3 V. Součástí modulu displeje je i řadič umožňující definovat až 8 vlastních znaků odlišných od základní abecedy displeje. Pro komunikaci s procesorem lze volit mezi 4-bitovým, 8-bitovým a SPI rozhraním. V případě modulu diagnostiky je používáno SPI rozhraní. Jelikož je používáno SPI rozhraní, lze do modulu displeje pouze zapisovat. Pro komunikaci s řadičem displeje je třeba využít další signály. Signál CSB, řízený branou P2.4, povoluje řadiči přijímat data od procesoru po linkách SPI. Dalším signálem RS, který je řízen branou P2.6, určujeme druh přenášených dat. Při hodnotě log. 0 jsou přenášena data instrukcemi. Pokud je RS v log.1, jsou přenášena data pořadová čísla znaků pro zápis do paměti DDRAM a následně se zobrazí na aktuální pozici. Signálem z brány P1.4 procesoru lze vyvolat reset řadiče displeje a současně vypnout i jeho podsvícení.

4.8 Rozhraní USB

Komunikace s počítačem je realizována pomocí rozhraní USB. Konkrétně je použit převodník FT232BM od společnosti FTDI [12]. Ovladače pro tento obvod přidávají do operačního systému další sériový port. Na obvodu FT232BM jsou dostupné všechny linky využívané v protokolu RS 232. Zde je však použita 5 V logika. V modulu diagnostiky jsou využity pouze linky TXD, RXD a DTR. Jelikož je nulová svorka modulu diagnostiky spojena s linkou -U primární sběrnice, je nutno celý převodník pro USB galvanicky oddělit. Toto oddělení od procesoru je realizováno pomocí optočlenů 6N136. Hodnoty odporů pro nastavení pracovního bodu těchto optočlenů byly určeny experimentálně při přenosové rychlosti 57 600 Bd. Linky TXD a RXD slouží pro vlastní přenos dat. Signálem DTR je povolována funkce přeposílání zpráv primární sběrnice do počítače. Zapojení obvodu je použito podle doporučení výrobce. Komunikace obvodu FT232 probíhá s UART řadičem, který je součástí mikroprocesoru.

4.9 Převodník RS 485 na USB

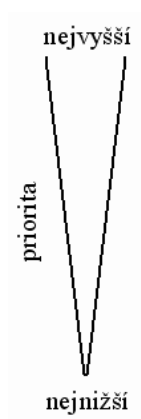
Pro využití a rozšíření funkce v budoucnu bylo do zapojení modulu diagnostiky přidáno i rozhraní RS 485. Toto rozhraní je připojeno k zatím neobsazeným vývodům konektoru, který je určen k připojení primární sběrnice Installbus. Pro příjem dat sběrnice RS485 je použit obvod MAX485. Signál z tohoto obvodu může vysílat po lince TXD, kterou v normálním režimu používá sériové rozhraní procesoru. Zde je tedy kladen požadavek na program, aby v případě odpojené primární sběrnice neovlivňoval linku TXD. Při připojení na sekundární sběrnici funguje modul diagnostiky pouze jako převodník z RS 485 na sériovou komunikaci po USB.

4.10 Rozhraní pro čtení EEPROM

Jak již bylo zmíněno dříve, prvek systému Installbus má své nastavení uloženo na kartičce obsahující paměť typu EEPROM. Tyto kartičky lze při poruše přemístit ze starého zařízení do nového. Díky tomuto principu není třeba nový náhradní přístroj znovu programovat. Aby mohl modul diagnostiky v budoucnu pracovat s těmito kartičkami, je vyvedeno na speciální konektor napájecí napětí a sériové rozhraní I²C.

5. Program pro diagnostický přístroj

Použitý procesor P89LPC936 používá instrukční sadu kompatibilní se standardem 80C51. Pro tyto procesory lze použít symbolický jazyk assembler i vyšší programovací jazyk C. V případě modulu diagnostiky byl celý program napsán v assembleru [9][13]. Hlavním důvodem použití assembleru je časově kritické zpracování přerušení a nutnost korekcí odměřovaných časů podle počtu a druhu vykonaných instrukcí. Celý program se skládá z několika funkčních částí. Zmíněné části jsou rozděleny podle důležitosti, čemuž odpovídají i priority přerušení. Pořadí priorit vykonávání je naznačeno na Obr. 5.1. Jednotlivé části jsou popsány v následujících kapitolách. Celý program je napsán na více jak 8 100 řádcích a využívá celkem 9 kB programové paměti procesoru.



Zdroj p.	Význam funkce
CMP1	Sledování primární sběrnice Installbus, detekce přechodů datové linky, odměřování doby trvání jednotlivých úrovní datové linky
T0	Vzorkování stavu datové linky sběrnice a odečty napětí linek sběrnice
UART-RX	Příjem požadavků od počítače
UART-TX	Vysílání dat do počítače
RTC	Časování po 10 ms – start vysílání do počítače, příznak pro hlavní program
INT0	Průměrování a porovnávání změřených hodnot napětí a časů
-	Hlavní program – obsluha displeje, tlačítek, nabídky a uživatelské funkce

Obr. 5.1 – Priority funkčních částí programu v modulu diagnostiky

5.1 Sledování primární sběrnice

Události na sběrnici se vyskytují v intervalech přibližně v desítkách mikrosekund. Programová část zajišťující sledování průběhu komunikace na primární sběrnici Installbus má proto největší nároky na rychlost vykonávání. Jak již bylo zmíněno, je pro sledování sběrnice využíván vnitřní komparátor. Priorita přerušení od tohoto komparátoru je nastavena na nejvyšší hodnotu a má přednost před zbylou částí programu. Dále se při sledování používají oba časovače T0 a T1. Priority přerušení těchto časovačů jsou též nastaveny na vysokou hodnotu hned za přerušení od komparátoru. Pomocí časovače T0 se odměřují časy do požadovaných akcí, jako např. odměření okamžiku vzorkování. Časovač T1 je využit výhradně k měření dob trvání jednotlivých stavů datových linek.

Ve výchozím stavu modul diagnostiky nesleduje primární sběrnici a tudíž má

deaktivovánu funkci komparátoru. Oba časovače T0 a T1 jsou zastaveny. Pin procesoru P0.6 je nastaven do log. 1, takže je zhasnuta LED dioda D2. V případě vzniku požadavku na sledování linky se aktivuje komparátor CMP1. Výstup z komparátoru ovládá výstupní pin procesoru P0.6, pomocí kterého se rozsvěcí i LED dioda D2. Tato dioda tedy poblikává v závislosti na aktuálním stavu datových linek primární sběrnice Installbus.

V obsluze přerušení od komparátoru se zpracovává odměřená doba trvání hrany, která je uložena v časovači T1. Dále se provádí nové nastavení hodnot obou časovačů T0 a T1. Nastavované hodnoty jsou již upraveny tak, aby se eliminovalo zpoždění způsobené vykonáním počátečních instrukcí v obsluhách přerušení. Pokud je přerušení vyvoláno spádovou hranou linky +D (tj. přechod do dominantního stavu), nastavuje se předvolba časovače T0 na okamžik vzorkování 50 μ s. Dále se provádí kód přípravy na příjem dalšího bitu. Při přerušení od náběžné hrany datové linky +D se ukládá změřená doba trvání dominantní úrovně. V případě, že byl vzorek sběrnice nula, určuje tato změřená doba, zda se skutečně jedná o bit nula, nebo o Reset pulz. Po rozhodnutí, o který stav se jedná, se změřený čas uloží do příslušného místa paměti.

V obsluze přerušení od časovače T0 se vzorkuje stav sběrnice a vzorek se ukládá do pomocné proměnné. V případě zjištění dominantního stavu sběrnice se spouští časovač T0 znovu pro druhé vzorkování v okamžiku cca 300 μ s. Pokud nedojde k náběžné hraně do této doby, není časovač T0 zastaven a vzniká jeho druhé přerušení. V tomto přerušení se nastavuje příznak dlouhého trvání bitu nula, což indikuje možnost Reset pulzu. Součástí zpracování prvního přerušení od časovače T0 je i zpracování hodnoty přenášeného bitu po sběrnici. Recesivní stav sběrnice nám určuje, že se jedná o přenos bitu s hodnotou log. 1. V případě dominantního stavu se jedná buď o bit s hodnotou log. 0, nebo o reset. Následující zpracování předpokládá, že se jedná o log. 0. Případ resetu je ošetřen při vzestupné hraně linky +D. Zjištěná hodnota bitu se dále vkládá do přijímací proměnné, a to zleva. Po takto přijatých osmi bitech je načten celý přenášený bajt. Po přijetí bajtu z primární sběrnice se při splnění podmínek pro vysílání (viz. kapitola 5.7) odesílá jeho hodnota do počítače. Dále se volá kód funkce odpovídající pořadí přijatého bajtu od posledního resetu primární sběrnice. Pro přechod na adresu daných funkcí jsou použity dvě proměnné, ve kterých je uložena horní a dolní část adresy požadované funkce. Pro změnu používané funkce se provádí změnou těchto proměnných. Volání dané funkce se provádí trikem, kdy se adresa uloží do zásobníku a

následně se volá instrukce *RET*.

Před voláním zmíněné funkce se počítá vždy nová hodnota kontrolního součtu CRC [6]. Táto hodnota je počítána tak, že se nejdříve provádí nonekvivalence přijatého bajtu se starou hodnotou kontrolního součtu. Výsledná hodnota je použita jako index do převodní tabulky, ze které je načtena nová hodnota kontrolního součtu.

5.2 Měření napětí

Měření napětí se provádí pomocí dvou 8-bitových A/D převodníků integrovaných v použitém mikroprocesoru. Oba převodníky jsou trvale zapnuty a jsou nastaveny do režimu opakovaného měření. Každý převodník má čtyři speciální registry pro uložení čtyř změřených hodnot. V používaném režimu je vždy vybrán jeden z kanálů převodníku a na něm se pořád měří. Naměřené hodnoty jsou postupně ukládány do zmíněných registrů. Převodník AD0 se používá střídavě pro měření datové linky -D a napájecí linky +U. Přepínání mezi těmito dvěma kanály se provádí během zpracovávání odečtených hodnot. Převodníkem AD1 se měří vždy napětí na datové lince +D. Měření a zpracování napětí je z důvodu časové náročnosti rozděleno do dvou částí. První část je vykonávána v přerušení od časovače T0. V té se nastaví kód pro identifikaci okamžiku odečtení napětí. Napětí se měří při různých okamžicích:

- kdykoliv (měření v nedefinovaných okamžicích),
- při Reset pulzu (linka +D stažena řídicím modulem),
- při Presence pulzu (linka +D stažena všemi prvky),
- po Presence pulzu (linka +D v klidovém stavu),
- při vzorkování bitu nula od slave prvku (linka +D stažena jedním prvkem)

V okamžiku vzorkování se tedy pouze kopírují hodnoty ze speciálních registrů obou A/D převodníků do osmi pomocných bajtů v datové paměti. Současně je nulován příznak povolení měření napětí a je stažen vývod P1.3(INT0). Druhá část je vykonávána v přerušení od externího vstupu INT0. V této části je uvolněn zmíněný vývod P1.3 a je provedena filtrace změřených hodnot. Ze čtyř vzorků se vynechává maximální a minimální hodnota. Ze zbylých dvou hodnot se provádí sečtení a rotace vpravo pro získání průměrné hodnoty vzorků. Tato hodnota je již považována za skutečnou hodnotu napětí. Pro uložení údajů o napětí na dané lince se používají celkem čtyři bajty. V

prvním bajtu se ukládá poslední změřená hodnota. V druhém bajtu je pak průměrná hodnota vypočtená z posledních dvou měření. Ve třetím a čtvrtém bajtu jsou pak uloženy maximální a minimální naměřené hodnoty. Krom měření na třech linkách sběrnice se v případě měření obou datových linek současně vypočítává rozdílová hodnota napětí datových linek. Pro měření v definovaném okamžiku je tedy nutno vyhradit $4 \times 4 = 16$ bajtů v rozšířené datové paměti. Celkem je pro měření napětí vyhrazeno 80 bajtů. Tento blok paměti začíná na adrese 0100h.

5.3 Odměřování časů

Jak již bylo řečeno, odměřování se provádí pomocí časovače T1. Inicializace a odečty jeho hodnoty se provádí výhradně v přerušení od komparátoru CMP1. Z měřených událostí se ukládají následující:

- doba trvání Reset pulzu,
- doba recesivního stavu datové linky před zahájením Presence pulzu,
- doba trvání Presence pulzu,
- doba trvání dominantního stavu datové linky při vysílání bitu jedna,
- doba trvání dom. stavu dat. linky, když vysílá řídicí modul bit nula,
- doba trvání dom. stavu dat. linky, když vysílá prvek bit nula,
- doba trvání recesivního stavu datové linky mezi jednotlivými bity.

Tyto časové údaje jsou odměřovány s rozlišením 16 bitů. Rozlišení uvedené hodnoty pro použitý krystal 10 MHz je 0,2 μ s. Maximální měřená doba je tedy až 13,1 ms. Zpracování odměřené hodnoty je i zde rozděleno na dvě části. První část je v přerušení od komparátoru CMP1. Zde se testuje a případně nuluje příznak povolení uložit daný čas. Pokud bylo povoleno, zapisuje se změřená hodnota přímo do rozšířené datové paměti. Druhá část zpracování se provádí v přerušení od INT1 (stejně jako u zpracování naměřených napětí). Zde je hodnota porovnána a případně zapsána s minimální a maximální hodnotou. Následně je nastaven příznak povolení odměřit znovu danou dobu. Pro uložení jednoho druhu doby je tedy využito šest bajtů. Pro časové údaje je v rozšířené datové paměti vyhrazeno 48 bajtů, což odpovídá osmi časovým položkám.

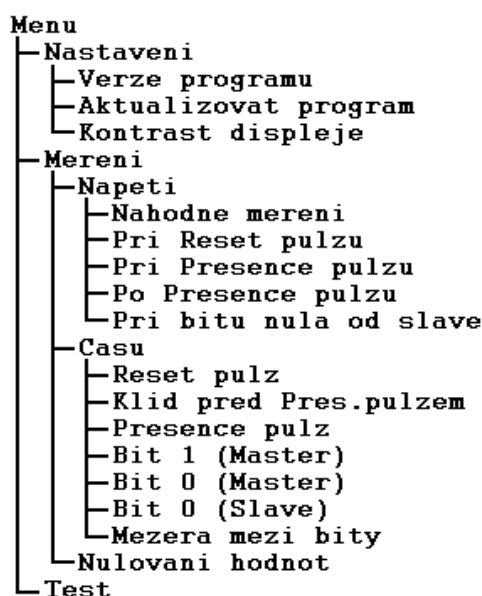
5.4 Ovládání displeje LCD

Pro komunikaci s displejem LCD je použit řadič SPI, který je součástí procesoru. Při spuštění programu (po resetování procesoru) je pomocí stažení výstupu P1.4 resetován řadič displeje. Po návratu pinu P1.4 do hodnoty log. 1 vyžaduje řadič displeje minimálně 40 ms pro vnitřní inicializaci. Po uplynutí této doby je v procesoru vykonán inicializační kód podle doporučení výrobce [10]. V inicializačním kódu byla provedena pouze změna v nastavení kurzoru, protože není požadováno, aby byla indikována aktuální pozice kurzoru. Mezi posílanými příkazy řadiči displeje musí uplynout vždy minimálně doba 26,3 μ s.

Z důvodů časové náročnosti naplnění celého displeje textem, je realizován zápis textu na displej prostřednictvím bloku 48 bajtů (3x16) umístěném v rozšířené paměti XDATA. V hlavním programu je vždy po přerušení od časovače RTC (po 10 ms) odeslán jeden znak do řadiče displeje a inkrementován ukazatel. V případě dosažení konce bloku je vyslán do řadiče displeje příkaz k nastavení výchozí pozice a v příštím kroku se odesílají data od začátku bloku.

5.5 Uživatelské rozhraní

Ruční ovládání přístroje se provádí pomocí tlačítek a zobrazovaných nabídek na displeji. Nabídky jsou řazeny ve stromové struktuře naznačené na Obr. 5.2.



Obr. 5.2 – Stromové uspořádání nabídek

Systém nabídek a funkcí zobrazovaných na displeji je realizován pomocí tabulek uložených v programové paměti. Jelikož se z bezpečnostních důvodů zamykají banky programové paměti, kde je umístěn výkonný kód, jsou tyto tabulky umístěny na horních adresách od 2B00h. Pro uzamčené bloky nelze totiž použít instrukci *MOVC*. Kód uživatelského rozhraní probíhá na úrovni hlavního programu a je vykonáván vždy v intervalech 10 ms. Aktuální pozici v nabídkách, popř. funkci, určuje proměnná *MNU_ID*. Pokud má tato proměnná nejvyšší bit nulový, jsme v položkách nabídek. V případě že je zmíněný bit jedničkový, probíhá právě nějaká speciální funkce. Takto navržená identifikace umožňuje teoreticky vytvořit až 128 nabídek a 128 funkcí. Tak rozsáhlé nabídky se u modulu diagnostiky nepředpokládají, a proto byl rozsah hodnot pro identifikaci nabídky omezen na 0 až 63. Nabídkový systém byl navržen tak, aby byl univerzální pro všechny nabídky. Proto byla vytvořena skupina tabulek pro uložení nastavení položek.

První tabulka má název *TABMNU_TEXTY* a obsahuje řádky po 16 znacích (bajtech). Obsah řádky z této tabulky se zobrazuje na displeji v prostřední řádce, pokud odpovídá index v tabulce hodnotě proměnné *MNU_ID*. Tabulka zabírá $96 \times 16 = 1536$ B (1,5 kB). Horních 32 řádků lze využít pouze pro nadpisy při procházení podnabídek.

Za touto tabulkou následuje obdobná tabulka *TAB_TEXTY*, která obsahuje též šestnácti znakové řádky. Texty v této tabulce mají již pevně daný význam a jsou využívány funkcemi. Velikost tabulky záleží na aktuální verzi programu.

Při procházení nabídek je zobrazována v první řádce displeje informace, o jakou skupinu nabídek se jedná. Texty pro tuto řádku se načítají též z tabulky *TABMNU_TEXTY*. Vazby na texty pro první řádky jsou uloženy v další tabulce s názvem *TABMNU_LINE1*. Tabulka obsahuje 64 položek o velikosti jeden bajt, který udává index ve zmíněné tabulce s texty.

Pro účely procházení nabídek je vytvořena další tabulka *TABMNU_VAZBY*. Tabulka obsahuje opět 64 řádků. Každý řádek je tvořen dvěma bajty. První bajt obsahuje číslo nabídky, na kterou se přechází pohybem vpravo, tj. ve stejné hladině nabídek. Druhý bajt obsahuje číslo podnabídky, popř. funkce, která se má vykonat při potvrzení aktuální nabídky. Hodnoty těchto druhých bajtů by měly být v každém řádku rozdílné, protože pohyb nabídkami zpět je řešen prohledáváním této tabulky a je použita první

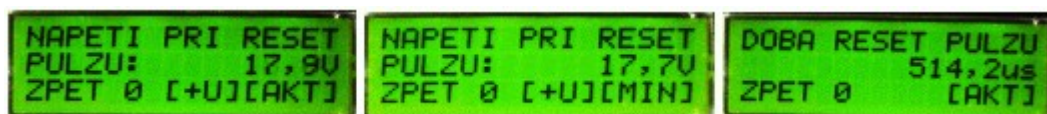
nalezená vazba. Obdobné omezení se týká i prvního bajtu. Tabulka vyžaduje v programové paměti celkem 128 bajtů.

Další tabulkou využívanou pro uživatelské rozhraní je tabulka *TABMNU_FCE*. Ta obsahuje čtyřbajtové položky, které obsahují instrukce *NOP* a *LJMP* pro skok do obsluhy přiřazené funkce. Adresace v tabulce je realizována pomocí hodnoty v proměnné *MNU_ID* zmenšené o hodnotu 128. Pro realizaci skoku na požadovanou funkci podle hodnoty jedné proměnné je použit trik, při kterém je do zásobníku vložena dolní část a horní část adresy dané řádky v tabulce. Následným voláním instrukce *RET* je programový čítač přesměrován na instrukci skoku s adresou požadované funkce.

Každá funkce uživatelského rozhraní si zajišťuje zápis potřebného textu do paměťového bloku displeje. Krom vykonávání specifického kódu si funkce musí též sledovat stav ovládacích tlačítek. Pokud se nejedná o speciální funkci, vykoná se potřebný kód programu a zpracování se vrací do hlavního programu. Hlavní program volá tuto funkci opakovaně v intervalech po 10ms.

5.6 Zobrazení naměřených hodnot

Pro zobrazování změřených napětí a času jsou vytvořeny speciální nabídkové funkce. Při přechodu na jednu z těchto funkcí se ukládá do speciální proměnné adresa začátku bloku zvoleného údaje. Přepínání mezi zobrazením aktuální, minimální, popř. maximální hodnoty se provádí stiskem tlačítka vpravo. Druh právě zobrazované hodnoty je pak uváděn na displeji vpravo dole. Označení druhu je uzavřeno do hranatých závorek (viz. Obr. 5.3)



Obr. 5.3 – Ukázky zobrazení naměřených hodnot na displeji

V případě zobrazení napěťových hodnot lze druhým tlačítkem zprava volit linku, pro kterou chceme zobrazovat naměřenou hodnotu. U některých hodnot je přidána i funkce pro nulování naměřených hodnot. Tato funkce je pak zobrazována symbolem nuly nad druhým tlačítkem zleva.

5.7 Komunikace s počítačem

Komunikace s aplikací spuštěnou na počítači probíhá pomocí sériové komunikace. V procesoru je použito integrované sériové UART rozhraní. Použité komunikační parametry jsou uvedeny v Tab. 5.1.

Tab. 5.1 - Parametry sériové komunikace

Přenosová rychlost	57 600 Bd
Počet datových bitů	8
Parita	žádná
Počet stop bitů	1
Řízení	žádné

UART rozhraní použitého procesoru P89LPC936 podporuje několik režimů. Dle zmíněných parametrů je využit osmibitový režim bez parity. Jako zdroj hodinového signálu pro nastavení komunikační rychlosti je použit vnitřní časovač BRG (baud rate generator). V programu jsou využívána obě přerušení od sériového kanálu. Priorita přerušení je nastavena tak, aby byla menší než přerušení potřebná k sledování primární sběrnice Installbus.

Pro příjem požadavku od aplikace běžící v počítači byl vytvořen v nepřímo adresovatelné paměti IDATA přijímací buffer o velikosti 32 bajtů. Každý požadavek je vždy zakončen bajtem s hodnotou 13 (0Dh), tj. znakem konce řádky. Po přijetí zmíněného zakončovacího znaku je spuštěn kód programu pro vyhodnocení požadavku. Po vyhodnocení druhu požadavku se vykoná příslušná funkce a zpět do počítače je odesláno potvrzení, popř. i požadovaná data.

Vysílání dat do počítače je realizováno dvěma způsoby. První způsob využívá vysílací frontu, která je umístěna na začátku rozšířené datové paměti XDATA. Zabírá celkem 64B. Je realizována jako cyklická fronta. V pomocných proměnných jsou uloženy adresy naposledy odeslaného znaku a naposledy zapsaného znaku. Dále je použita čítací proměnná volného místa ve frontě. Je inkrementována po odeslání znaku z fronty. Při zápisu je hodnota této proměnné dekrementována a testována na nulovost. V případě, že je zjištěna nulová hodnota, se jedná o přeplnění fronty. Nastaví se příznak přeplnění vysílacího bufferu, čímž zablokujeme jakýkoliv zápis do fronty. Dovysílá se

obsah celé fronty a následně se vyšle speciální znak s hodnotou 33 (21h, tj. '!'). Tím je oznámeno, že v daném místě vznikla ztráta několika vysílaných hodnot. Po odeslání tohoto znaku je nulován příznak přeplnění. Tento způsob vysílání je určen především pro odesílání dat čtených z primární sběrnice Installbus.

Druhý způsob, jak vysílat do počítače, je přes prostřednictví pole bajtů, které je umístěno též v rozšířené datové paměti. Toto pole má velikost 16 bajtů. Při použití tohoto způsobu jsou vysílány postupně všechny znaky, dokud není odvysíláným znakem znak středník. Znakem středník je tedy zakončena každá zpráva. Tímto způsobem se vysílají především odpovědi a potvrzení v reakci na přijatý požadavek od počítače.

Oba tyto způsoby vysílání obsluhuje společná část programu, která je spouštěna vždy při přerušení vyvolaném dokončením vysílání bajtu do počítače. Odkud se má vyslat následující bajt, rozhoduje řídicí bit *UART_FMSGREQ*. Důvodem pro rozdělení vysílání na dva způsoby bylo především nebezpečí kolizí při zápisu do rotující fronty. Zápis do fronty je totiž realizován v přerušeních určených pro sledování primární sběrnice. Zatímco příprava odpovědi na daný požadavek je zpracovávána buď přímo v obsluze přerušení od přijímače sériové komunikace, nebo v hlavním programu. Použité řešení tedy funguje tak, že se vysílají data z fronty. V okamžiku, kdy je připravená zpráva ve vysílacím poli, je nastavením bitu *UART_FMSGREQ* do log. 1 přepnuto na vysílání zprávy. Po odeslání posledního znaku zprávy (znak středník) je bit *UART_FMSGREQ* nulován a vysílání pokračuje z fronty. Aby bylo poznat, kde začíná zpráva, je stanoveno, že zprávy musejí začínat znakem dvojtečka (:).

Jak již bylo uvedeno, kód pro vysílání je umístěn v přerušení od vysílače. Zde bylo však potřeba vyřešit problém zahájení vysílání prvního znaku. Tento problém je vyřešen tak, že v přerušení od RTC se testuje, zda se má něco vysílat a zda vysílání neprobíhá. V tomto případě se odešle první znak do počítače. Zbylé znaky ve frontě se již odvysílají pomocí kódu v přerušení od vysílače.

5.8 Komunikační protokol Diag - PC

Komunikace mezi modulem diagnostiky a počítačem je realizována pomocí jednoduchého protokolu. Definované požadavky, které může vysílat počítač a vzory odpovědi od modulu jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.2.

Tab. 5.2 – Komunikační příkazy

Požadavek	Odpověď	Popis
diag?	:Diag v1.0;	Ověření spojení s modulem
ver?	:1.1.25-2007.05.01;	Aktuální verze 1.1 kompilace 25 ze dne 1.5.2007
rst!	::	Příkaz pro vykonání restartu diagnostiky
newfw!	::	Požadavek na aktivaci sériového programování
----	:?;	Při neznámém požadavku Diag vrací otazník
Uaa?	:Uaa=XX;	Načtení změřeného napětí z adresy aa
Taa?	:Taa=HHLL;	Načtení změřeného času z adresy aa
Kaa?	:Kaa=XX;	Načtení hodnoty nastavení
Kaa=XX	:Kaa=XX;	Zápis nové hodnoty nastavení
display?	:Obsah displeje..;	Načtení textu, který je právě na displeji 48zn
clear!	::	Nulování naměřených hodnot

Pro funkci sledování zpráv na primární sběrnici Installbus, musí aplikace vyslat požadavek „diag?“. Po potvrzení tohoto požadavku si program v modulu diagnostiky uloží příznak existence spojení s příslušnou aplikací. Od tohoto okamžiku lze pomocí linky DTR ovládat, zda se mají po sériové komunikaci přeposílat data z primární sběrnice. Data jsou přeposílána při nastavené hodnotě log. 1.

Pokud probíhá sledování primární sběrnice a je aktivní linka DTR, jsou do počítače přeposílány bajty v hexadecimální podobě. Pro každý bajt primární sběrnice jsou do počítače odeslány dva znaky (0,...,9, A,...F). Znak R je poslán v okamžiku resetu sběrnice. V případech, kdy je detekován Presence puls, je vysílán znak P. V případě že počítač přijme znak dvojtečky (:), nepatří následující přijímané znaky do sledovacího řetězce. Sledovací řetězec pokračuje teprve po přijetí znaku středník (;).

Jedním z kritických míst v komunikačním protokolu jsou výběrové ROM funkce typu E9 a F9. Tyto funkce určují výsledné bity RČ prvku ze dvou přijímaných a jednoho

vysílaného bitu. Aby bylo možno přenést informaci o hodnotách všech tří bitů, tak byla vytvořena kódovací tabulka Tab 5.3.

Tab. 5.3 – Kódování trojic bitů zpráv typu E9h a F9h

Kód	Zobrazený znak
000	G
001	H
010	I
011	J
100	K
101	L
110	M
111	N

Podle této tabulky se vždy již zmíněné tři bity převedou na znak, který je odesílán do počítače. Bity v kódu uvedeném v tabulce jsou řazené zleva v pořadí, v jakém jsou přenášeny po primární sběrnici Installbus. Nejnižší bit je tedy ten naposled přenášený a udává volbu od řídicího modulu.

5.9 Funkce TEST

Funkce test slouží pro základní analýzu primární sběrnice Installbus v aktuálně připojeném místě. Je určena pouze k detekci základních chyb sběrnice. V případě řešení složitějších problémů se předpokládá, že analýzu stavu systému provede sám technik ze získaných měřených hodnot. Funkce je tvořena z několika částí. Před zahájením testu je deaktivována případná komunikace s počítačem. Je vypnuta funkce komparátoru CMP1, a tím zastaveno sledování komunikace primární sběrnice Installbus.

V první části funkce TEST se nulují všechny naměřené hodnoty napětí a časů. Následně je po dobu cca pěti sekund prováděno opakované měření na všech linkách +U, +D a -D. Po uplynutí této doby je vykonán kód pro porovnání změřených hodnot s nastavenými mezními hodnotami. V případě překročení mezní hodnoty je na displej zobrazen kód příslušné chyby. V takovém případě si uživatel může nalézt význam chyby v servisní tabulce, která bude dodávána s přístrojem. Pomocí tlačítek může uživatel zvolit ukončení testu nebo pokračování s přeskočením zobrazené chyby. Kódy některých chyb jsou uvedeny v následující Tab. 5.4.

Tab. 5.4 – Seznam vybraných chybových kódů ve funkci TEST

Kód chyby	Podmínka	Popis
0 – 0 – 0	bez chyby	všechny limity jsou splněny
1 – 0 – 0	$U_{+Umin} < 8 \text{ V}$	napájecí napětí kleslo pod povolenou mez
1 – 1 – 0	$U_{+Dmin} < 1 \text{ V}$	pokles napětí datové linky +D pod povolenou mez
1 – 2 – 0	$U_{-Dmin} < 1 \text{ V}$	pokles napětí datové linky -D pod povolenou mez
1 – 3 – 2	$U_{\Delta Dmax} < 2 \text{ V}$	trvalý dominantní stav sběrnice

Pokud není detekována žádná chyba v první části, spouští se kód druhé části testu. Zde je již aktivován komparátor, a tím i sledování komunikace na sběrnici. Tato druhá část je ukončena teprve nalezením nějaké chyby nebo ukončením po stisku příslušného tlačítka. Princip této druhé části funkce TEST je založen na měření hodnot napětí a především časů během komunikace. Současně se sledováním sběrnice se na úrovni hlavního programu opakovaně provádějí kontrolní porovnávání hodnot. V případě nalezení chyby, je kód příslušné chyby zobrazen na displej stejným způsobem jako u první části funkce TEST. Během druhé části funkce by se měl zajistit přenos co nejvíce zpráv od prvků sběrnice.

5.10 Nahrávání nového programu

Použitý procesor P89LPC936 umožňuje sériové programování přímo v aplikaci (In-System Programming). K tomuto účelu je již od výrobce vložen v programové paměti na adresách 3E00h až 3FFFh kód originálního bootloaderu [9]. Ten je spuštěn, pokud jsou po zapnutí napájecího napětí vyslány pulzy definovaných délek na vstupu RST procesoru. Pokud proběhnou tyto pulzy, je nastaven programový čítač (PC) na adresu 3F00h. Na této adrese se nachází první instrukce bootloaderu. Jedná se o kód programu, který si automaticky detekuje komunikační rychlost a pak komunikuje pomocí protokolu Intel HEX. Komunikace probíhá přes sériové rozhraní procesoru UART (vývody RXD a TXD). Přijaté zprávy zmíněného protokolu ukládá do vnitřní paměti RAM. Po přijetí celé řádky převede zprávu do tvaru, který vyžaduje vnitřní funkce procesoru In-application programming (IAP).

Na desce plošných spojů je vytvořeno přípojné místo pro účely programování. Zde jsou vyvedeny potřebné vývody procesoru (TXD, RXD, RST) a napájecí linky GND a +3V. Pro možnost jednoduché aktualizace programu v modulu diagnostiky, se

nabízela možnost využít přítomného rozhraní USB. Zde ale nastal problém. Zmíněný kód pro sériové nahrávání je výrobcem navržen tak, že si komunikační rychlost odměřuje na délce nulového bitu při vysílání znaku „U“ z počítače. V našem případě je použito galvanické oddělení přes optočleny. Ty způsobují zpoždění náběžné hrany. Toto zpoždění má za následek různou dobu trvání bitu s hodnotou nula a jedna. Tyto rozdílné časové intervaly způsobují chybnou detekci komunikační rychlosti, a proto není možné navázat spojení přes USB s původním kódem bootloaderu.

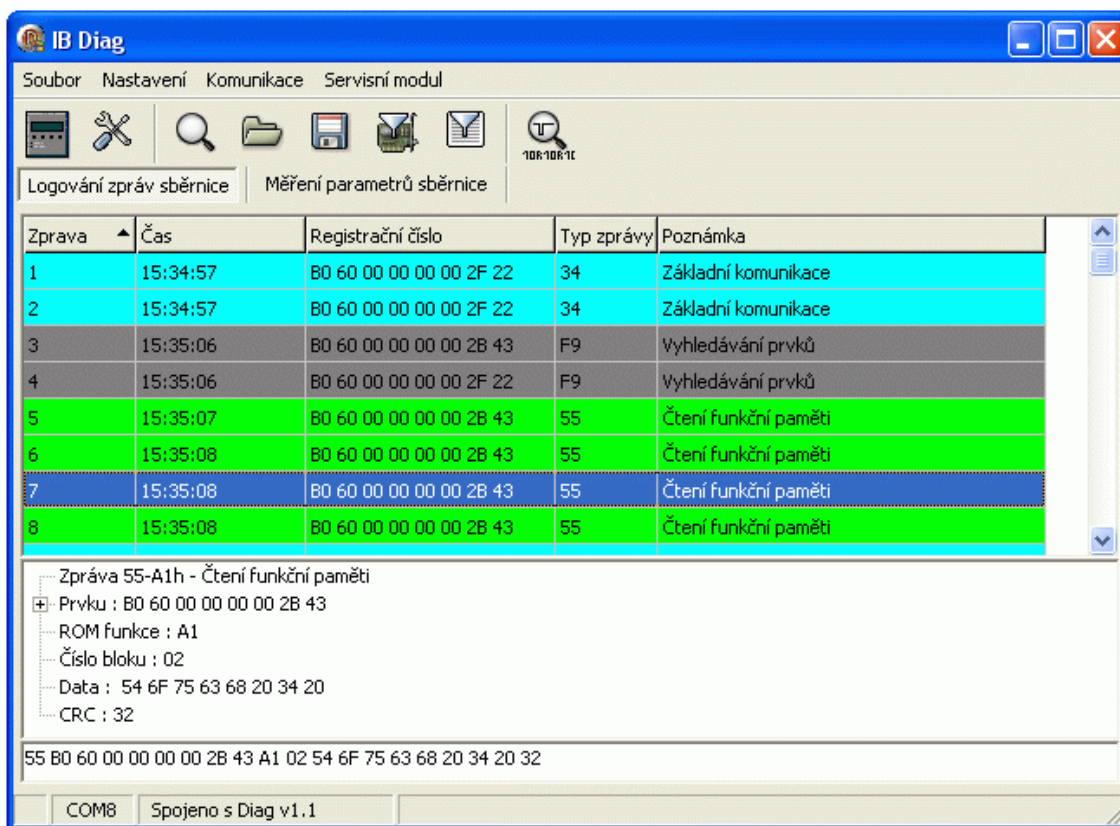
Aby bylo možno programovat i přes rozhraní USB, je úvodní část původního bootloaderu nahrazena novým kódem. Tento kód nejdříve nastaví všechny vývody jako vstupní a celý procesor přepne z generátoru hodin využívající externí krystal 10 MHz na vnitřní RC generátor 7,373 MHz. Toto přepnutí je zde umístěno především proto, aby bylo možné použít tento kód sériového programování i v případě jiného kmitočtu krystalu. Dalším krokem programu je nastavení sériového rozhraní UART procesoru do režimu přenosu 8 bitů s jedním stop bitem. Komunikační rychlost je pevně stanovena na hodnotu 9 600 Bd. Po těchto úvodních nastaveních se již přechází na vykonávání původního kódu bootloader od adresy 3E46h. Tato adresa byla určena po důkladné analýze původního bootloaderu. Na zmíněnou adresu se původní bootloader dostává po automatickém nastavení komunikační rychlosti. Od tohoto okamžiku může být z počítače vyslán znak velké U a následně celý obsah finální verze programu pro modul diagnostiky. Jelikož lze realizovat reset procesoru pomocí Intel Hex záznamu „:00000008F8“, tak lze po skončení programování automaticky resetovat modul do provozního režimu.

První programování musí být provedeno přes programovací konektor na desce plošných spojů. Při potřebě aktualizace programu lze využít jak programovací konektor na desce plošných spojů, tak i programování přes rozhraní USB, které nevyžaduje demontáž krytů. Přepnutí na bootloader lze v modulu diagnostiky provést několika způsoby. Prvním způsobem je aktivovat bootloader pomocí nabídky na displeji přístroje. Další možností je vyslat z počítače požadavek „newfw!“. U obou těchto možností se nejdříve zobrazí na displeji text s informací, že se má spustit programovací aplikace. Poté se již komunikace s periferiemi přeruší. Text na displeji však zůstává po celou dobu programování. Z programovacího režimu se dá dostat pouze resetováním přístroje.

6. Aplikace IB-Diag

Vizualizace zpráv přenášených po primární sběrnici Installbus je výrazně náročná na výpočetní výkon a především na paměť. Z těchto důvodů byla vytvořena aplikace IB-Diag běžící na počítači PC. Modul diagnostiky zajišťuje sledování sběrnice a přeposílá jednotlivé bajty zprávy přes rozhraní USB do aplikace IB-Diag. Ta si ukládá jednotlivé zprávy do paměti a následně zobrazuje uživateli. Tato aplikace obsahuje další funkci pro řízení modulu diagnostiky. Mimo funkce zobrazení přenášených zpráv lze též načíst a zobrazovat napětí a doby změřené na primární sběrnici Installbus. Mezi další funkce patří např. i možnost přepnutí modulu diagnostiky do programovacího režimu.

K vytvoření aplikace bylo použito vývojové prostředí Borland Delphi 2005. Toto prostředí bylo zvoleno především z důvodu existence licence ve společnosti Enika a relativně jednoduché tvorbě vizuálních částí aplikace. Aplikace IB-Diag je tedy určena pro operační systémy Windows řady 9x, NT a XP. Vzhled hlavního okna aplikace je na Obr. 6.1.



Obr. 6.1 – Aplikace IB-Diag po načtení zpráv z primární sběrnice Installbus

6.1 Popis aplikace

Při psaní této aplikace byly použity především [14], [15], [16] a [17]. Jádrem aplikace IB-Diag je sledování komunikace s modulem diagnostiky. Jak již bylo uvedeno výše, je modul diagnostiky připojen sice přes rozhraní USB, ale v systému se chová jako zařízení připojené přes standardní sériový port COM. Aby byl zajištěn potřebný výpočetní výkon pro příjem dat z modulu diagnostiky a současně byla schopna aplikace reagovat na uživatele, je vykonávání programu rozděleno do dvou vláken (threadů) [16]. V hlavním vlákne jsou spravovány vizuální části aplikace. V pomocném druhém vláknu je vykonáván kód pro komunikaci s modulem diagnostiky. V následujících kapitolách je podrobněji popsán přístup k sériovému portu a řešení vlákna pro komunikaci. V závěru oddílu je pak popis uživatelského rozhraní.

6.2 Obsluha sériového portu

V operačním systému Windows lze přistupovat k sériovému portu pouze prostřednictvím nainstalovaných ovladačů. Přístup k portu je v tomto operačním systému realizován pomocí funkcí určených pro soubory. Aplikace tedy mohou přistupovat k sériovému portu prostřednictvím funkcí z WIN32 API [18]. Rozhraní WIN32 API je součástí operačního systému a obsahuje mnoho funkcí, které umožňují pracovat se systémovými objekty.

V aplikaci IB-Diag je vytvořen objekt s názvem *TSerial* (soubor *serial.pas*). Při vytváření instance tohoto objektu se konstruktoru předávají parametry s číslem požadovaného sériového portu a předdefinovaná hodnota komunikační rychlosti. V konstruktoru je otevírán sériový port API funkcí *CreateFile*. Pokud se nepodaří daný port (soubor) otevřít, je vrácen neplatný ukazatel. V takovémto případě je vyvolána uživatelská výjimka a objekt není vytvořen. Při úspěšném otevření portu jsou pomocí API funkce *SetupCommTimeouts* nastaveny časové limity pro čtení i zápis dat. Dále jsou nastaveny parametry sériové komunikace, jako např. komunikační rychlost, počet datových bitů (osm), počet stop bitů (jeden). Tyto parametry je nutno vložit do záznamu typu DCB, který následně předáváme systému API funkcí *SetCommState*. Konstruktor objektu *TSerial* je zakončen voláním API funkce *SetupComm*. Tato funkce zajišťuje inicializaci parametrů komunikace otevřeného sériového portu a současně nastavuje velikost vstupního a výstupního bufferu. V případě aplikace IB-Diag jsou použity buffery o velikosti tisíc bajtů. Při odstraňování objektu *TSerial* je nejdříve v jeho

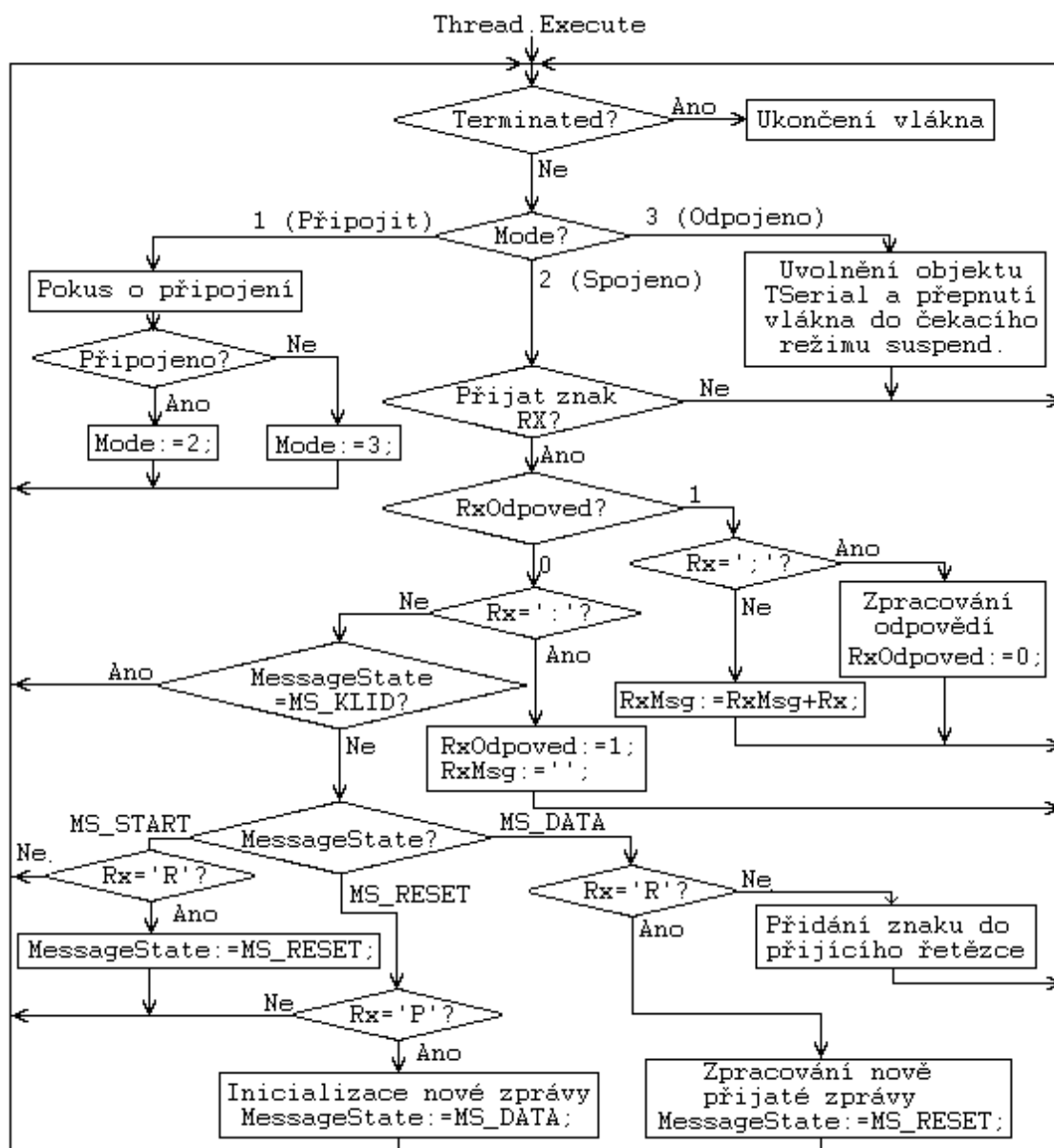
destruktoru uvolněn port voláním API funkce *CloseHandle*.

Pro čtení přijatého bajtu ze sériového portu byla vytvořena metoda objektu *TSerial* s názvem *ReadByte*. Tato metoda čte jeden bajt z portu (souboru) API funkcí *ReadFile*. Zápis (vysílání) do sériového portu je prováděn API funkcí *WriteFile*, která je vnořena do metody *WriteByte*. Metody pro zjištění obsazenosti vstupního a výstupního bufferu používají API funkci *ClearCommError*, která vrací příznaky případných chyb a současně vyplňuje strukturu typu *COMSTAT* aktuálním stavem portu. Metody pro vyprázdnění vstupního resp. výstupního bufferu používají API funkci *PurgeComm* s příslušným parametrem.

Jelikož se nepoužívá ke komunikaci s modulem diagnostiky hardwarového řízení komunikace, lze ovládat linky DTR a RTS nezávisle na přenášených datech. Metody pro nastavení těchto linek používají API funkci *EscapeCommFunction*. Metody pro zjištění stavu vstupních linek CTS, DSR, DCD a RI volají API funkci *GetCommModemStatus*, která vrací hodnotu typu *DWord*, kde jednotlivé bity indikují stav požadovaných linek. Ve stávající verzi modulu diagnostiky se tyto vstupní linky nepoužívají. Z výstupní linek se využívá pouze DTR, a to k povolení činnosti přeposílání zpráv z primární sběrnice Installbus.

6.3 Vlákno aplikace pro komunikaci

Ve vývojovém prostředí Delphi se vlákna vytvářejí pomocí odvozených objektu od abstraktní třídy *TThread*. Vlákno pro komunikaci je vytvořeno současně s hlavním vláknem aplikace. Je však přepnuto do čekacího stavu *suspend*. Pokud není vlákno v čekacím stavu, je jeho funkce určena hodnotou atributu *mode*. Tento atribut byl ve třídě vytvořen pro odlišení různých režimů připojení k modulu diagnostiky. Mezi základní režimy patří: připojování, spojeno a odpojeno. Zjednodušený vývojový diagram činnosti komunikačního vlákna je na Obr. 6.2 umístěném na následující stránce. Při volání funkcí pracujících s proměnnými a VCL objekty hlavního vlákna je používána synchronizační funkce *Synchronize*. Pokud by nebyla použita, mohly by se vyskytovat nedefinované chyby a hroucení celé aplikace. Tato funkce zajišťuje synchronizaci obou vláken tak, že je požadovaná funkce volána v kontextu hlavního vlákna.



Obr. 6.2 -Diagram funkce vlákna pro komunikaci

Při požadavku na komunikaci s modulem diagnostiky se nastaví atribut *mode* na režim připojování a probudí se činnost vlákna pro komunikaci. V tomto režimu se vlákno pokouší otevřít nastavený sériový port. Pro otevření souboru se vytváří instance objektu *TSerial*, který byl popsán v předchozí kapitole. Ukazatel na tento objekt je uložen do globální proměnné *Port*. Při úspěšném otevření příslušného portu je vyslán dotaz ve tvaru „diag?“ a čeká se maximálně dvě sekundy na odpověď. Pokud je během této doby přijata odpověď začínající textem „;Diag“, je úspěšně navázáno spojení s modulem diagnostiky a parametr *mode* se nastavuje do režimu spojeno. Pokud není během připojování splněna některá z uvedených podmínek, je zobrazeno chybové hlášení a atribut *mode* se nastavuje do režimu odpojeno.

V režimu spojeno probíhá opakované dotazování na sériový port. V případě zjištění nenulového počtu v přijímacím bufferu se postupně načítají jednotlivé přijaté bajty. Každý bajt představuje index v ASCII tabulce znaků. Průchod programu pro zpracování přijatého bajtu je znázorněn na Obr. 6.2. Po připojení k modulu diagnostiky je proměnná *RxOdpoved* nulová a atribut vlákna *MessageState* je nastaven na režim MS_KLID. Při požadavku na sledování zpráv na primární sběrnici Installbus, nastaví hlavní vlákno aktivaci linky sériového portu DTR a změní atribut *MessageState* na režim MS_START. V tomto režimu se čeká na přijetí znaku „R“, který indikuje proběhlý Reset pulz na sběrnici. Po přijetí tohoto znaku se přechází do režimu s atributem *MessageState* nastaveným na MS_RESET. V tomto režimu se čeká na příjem znaku „P“, který indikuje platný Presence pulz na sběrnici. V okamžiku přijetí tohoto znaku je provedena příprava na příjem nové zprávy. Obsah zprávy je ukládán do speciálního záznamu typu TData. Definice tohoto typu je uvedena na Obr. 6.3. Během sledování komunikace na sběrnici je vytvářeno dynamické pole těchto záznamů. Toto pole je vždy větší o jeden záznam, než je skutečný počet přijatých zpráv. V průběhu příjmu zprávy je tedy měněn poslední záznam v poli.

```
Type
TData = record
  Msg: String; //původní přijatý řetězec bez znaku R a P
  Time: TDateTime; // čas přijetí zprávy
  MsgType: Integer; // ROM funkce zprávy (34h, E9h, ...)
  MsgType2: Integer; // Control funkce pro typ 55h
  RC: String; // Registrační číslo prvku
  Info: String; // popis druhu zprávy
  Extra: String; // doplňující informace, např. rozklad E9
  Valid: Boolean; // zda je zpráva v pořádku
  View: Boolean; // výsledek zobrazovacího filtru
  Sorted: Boolean; // pomocný příznak pro třídící algoritmy
end;
```

Obr. 6.3 – Definice typu pro uložení zprávy

Při inicializaci zprávy jsou všechny hodnoty nulovány a do položky *Time* je uložen aktuální čas. Po skončení inicializace zprávy je atribut *MessageState* nastaven do režimu MS_DATA.

V režimu MS_DATA jsou postupně přijímány hodnoty bajtů přenášených po sběrnici. Hodnoty jsou přenášeny ve formě Hexadecimálního zápisu pomocí dvou znaků. Tyto znaky jsou buď číslice 0 až 9 nebo písmena A až F. V případě zpráv s ROM funkcí E9 a F9 mohou být mezi těmito hodnotami i znaky G až N, ve kterých je vždy zakódována trojice výběrových bitů. Všechny přijímané znaky se postupně přidávají do řetězce daného položkou *Msg* v aktuálním záznamu zprávy. V okamžiku příchodu znaku

„R“ je zpráva ukončena. Atribut *MessageState* je nastaven do režimu MS_RESET a jsou volány funkce pro zpracování zprávy. První funkce zajišťuje dekodování přijatých znaků a nastavuje zbylé položky záznamu. Druhou funkcí je filtrace, která podle nastavených kritérií rozhodne, zda se přijatá zpráva uchová nebo zahodí. V případě, že se má zpráva zachovat, je dynamické pole záznamu zpráv navýšeno o další záznam. Pokud již není požadováno sledování sběrnice, je nutno deaktivovat linku DTR na sériovém portu a nastavit atribut *MessageState* do režimu MS_KLID.

V případě přijetí znaku „;“ je nastavena příznaková proměnná *RxOdpoved* a je vyprázdněna proměnná *RxMsg*. Do této proměnné se ukládají znaky odpovědi od modulu diagnostiky v reakci na odeslaný požadavek. Dokud je tedy nastavena proměnná *RxOdpoved*, je deaktivováno sledování zpráv sběrnice. Přenos odpovědi je zakončen znakem „;“. Po přijetí tohoto znaku je nulována proměnná *RxOdpoved*, a tím opět obnoveno sledování zpráv sběrnice. Též je zpracována přijatá odpověď. Na jaký dotaz je to odpověď, je dáno hodnotou atributu *ControlState*. Při přijetí odpovědi s měřenou hodnotou napětí nebo času je daná hodnota přepočítána z binární hodnoty na hodnotu typu double již ve skutečné hodnotě. Napětí jsou ukládána ve voltech a časové údaje v mikrosekundách. Pro uchování změřených hodnot byly vytvořeny datové typy TCas, TNapeti a TMerenaData. Definice těchto typů je zobrazena na Obr. 6.4.

<pre> Type TCas = record Time: TDateTime; Valid: boolean; Hodnota: array[1..3] of double; end; </pre>	
<pre> Type TNapeti = record Time: TDateTime; Valid: boolean; Hodnota: array[1..16] of double; end; </pre>	<pre> Type TMerenaData = Record Time: TDateTime; Casy: array[1..8] of TCas; Napeti: array[1..5] of TNapeti; end; </pre>

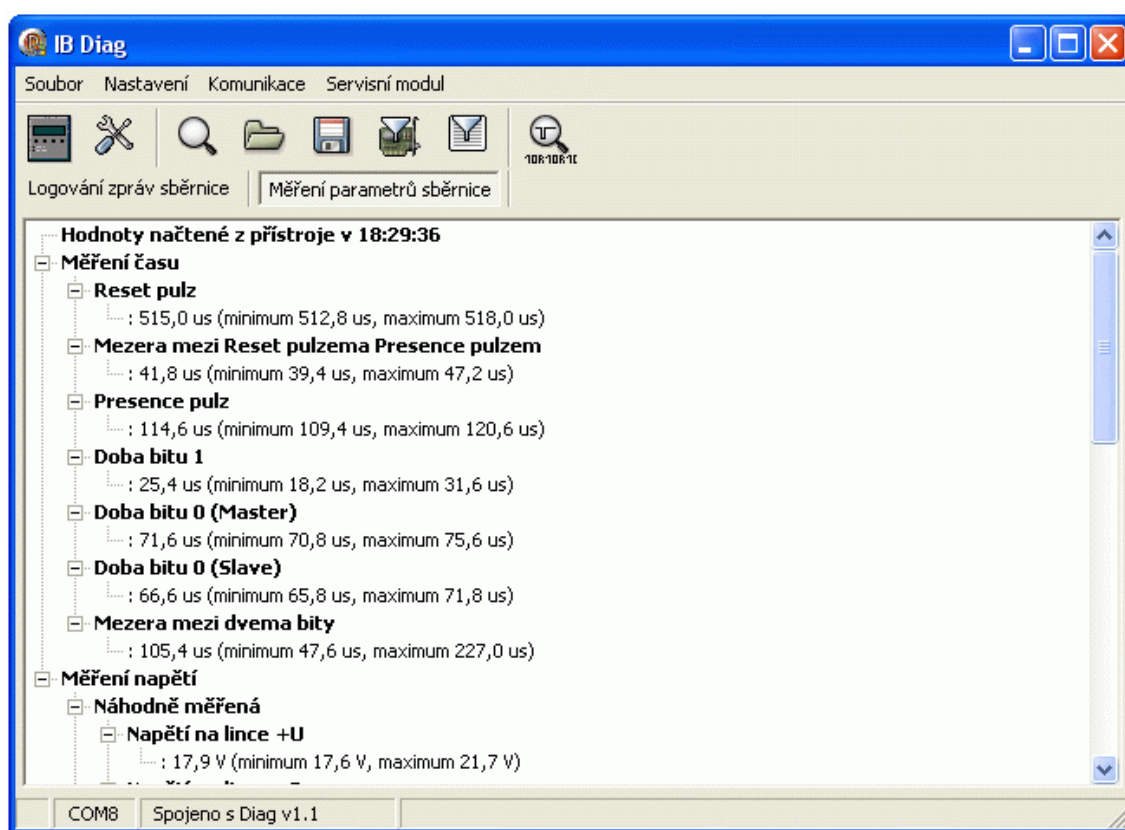
Obr. 6.4 – Definice typů pro uložení měřených hodnot

Položka *valid* v uvedených záznamech obsahuje informaci, zda byly hodnoty již načteny z modulu diagnostiky, nebo zda v nich jsou nedefinované hodnoty.

Součástí komunikačního vlákna aplikace je i funkce načtení všech měřených hodnot z modulu diagnostiky. Tato funkce postupně vysílá požadavky na všechny měřené hodnoty. Po vyslání požadavku se čeká na odpověď. Po přijetí odpovědi se vysílá další požadavek.

6.4 Hlavní vlákno aplikace

Vizuální část aplikace běží v hlavním vláknu. Zde jsou především spravovány všechny formuláře včetně všech komponent na nich umístěných. Hlavním okno aplikace IB-Diag se skládá z několika částí (viz Obr. 6.1). V horní části se nachází nabídkové menu a lišta nástrojů pro rychlé ovládání aplikace. V prostřední části okna se buď zobrazují informace s přijatými zprávami, nebo zde jsou zobrazeny naměřené hodnoty napětí a časů primární sběrnice Installbus. Vzhled aplikace s měřenými hodnotami je na Obr. 6.5. V dolní části hlavního okna se nachází stavová lišta, ve které se zobrazuje informace o nastaveném sériovém portu pro připojení modulu diagnostiky a stav připojení.

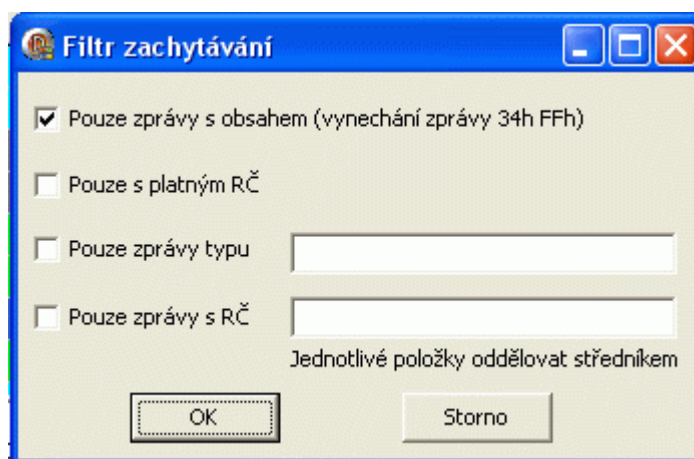


Obr. 6.5 – Aplikace IB-Diag s měřenými hodnotami

V aplikaci lze nastavovat číslo sériového portu, ke kterému je připojen modul diagnostiky. V dialogu nastavení tohoto portu lze využít též automatického nalezení čísla portu. Tato možnost je zde pro usnadnění nálezu správného čísla portu. Pokud totiž připojíme modul diagnostiky do jiné zásuvky USB, často se číslo vytvořeného sériového portu též mění. Automatické nalezení portu je realizováno tak, že se postupně procházejí sériové porty COM1 až COM20. Nejdříve se daný port zkouší otevřít. V

případě úspěšného otevření se vysílá požadavek „diag?“, na který se očekává odpověď v podobě řetězce začínajícího textem „:Diag“. Pokud je tato odpověď přijata do 100 ms, je číslo sériového portu úspěšně nalezeno. Bez příslušné odpovědi je aktuální port uzavřen a přechází se na test dalšího.

Dále lze v aplikaci nastavovat dva filtry pro sledování zpráv přenášených po primární sběrnici Installbus. Jeden filtr je používán přímo ve vlákne pro komunikaci a filtruje zprávy v okamžiku jejich příjmu. Druhý filtr slouží pro filtraci zpráv, které se mají zobrazovat. Tento druhý filtr lze používat i při odpojeném modulu diagnostiky. Nastavované parametry obou filtrů jsou stejné. Dialog s nastavením zachytávacího filtru je uveden na Obr. 6.6.



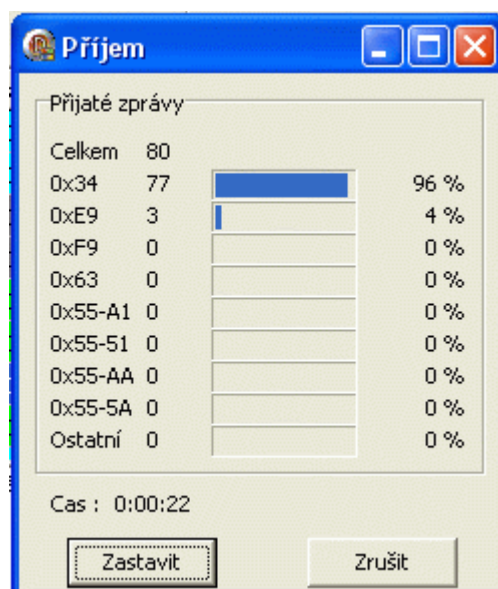
Obr. 6.6 – Nastavení zachytávacího filtru

Připojení k modulu diagnostiky se provádí prvním tlačítkem v nástrojové liště aplikace nebo automaticky při požadavku získání dat z modulu. Vlastní připojení je realizováno změnou režimu vlákna pro komunikaci do režimu Připojit. Odpojení od modulu diagnostiky se provádí obdobně, přepnutím do režimu Odpojeno. V hlavním okně je umístěn časovač s periodou opakování 100 ms. Tento časovač zajišťuje aktuálnost informací ve stavovém řádku aplikace a současně nastavuje příznak uplynutí zmíněné doby. Tento příznak je pak nulován ve vláknu pro komunikaci a jsou tak odměřovány limitní doby čekání na odpovědi.

6.4.1 Sledování zpráv primární sběrnice

Pro sledování a ukládání zpráv přenášených po primární sběrnici se po stisku nástrojového tlačítka s lupou zobrazí dialog s počítadly přijatých zpráv. Pokud nebyl do té doby připojen modul diagnostiky, je provedeno připojení. V dalším kroku je

aktivována na sériovém portu linka DTR pro povolení přeposílání zpráv primární sběrnice Installbus. Načítání zpráv je realizováno ve vlákne pro komunikaci. Toto vlákno při přijetí zprávy posílá zprávu dialogovému oknu, kde se v parametrech nachází kód ROM funkce a CONTROL funkce přijaté zprávy. Tato uživatelská zpráva je dialogem odchycena a její obsah je promítnut do počítadel zpráv. Zmíněný dialog je zobrazen na Obr. 6.7.



Obr. 6.7 – Dialog při sledování primární sběrnice Installbus

Sledování je automaticky ukončeno při přijetí 300 zpráv nebo po stisku jednoho z tlačítek na dialogu. Pro ukončení sledování sběrnice je deaktivována linka DTR a skryt sledovací dialog. Dále jsou všechny zprávy postupně procházeny, přičemž jsou testovány na přítomnost chyb. Pro zobrazení jsou následně filtrovány zobrazovacím filtrem a tříděny podle zvoleného kritéria. Zprávy jsou vypsány do tabulky realizované komponentou StringGrid. Pro aktuálně vybraný řádek se pod touto tabulkou zobrazuje podrobný rozklad vybrané zprávy. Informace o zprávě jsou zobrazeny ve stromové podobě pomocí komponenty TreeView. Pod tímto stromem je pak zobrazen původní přijatý řetězec znaků patřící této zprávě.

Aplikace umožňuje přijaté zprávy ukládat a následně načítat ze souboru pro pozdější použití. Nastavení filtrů, rozměru okna a čísla naposled použitého sériového portu se automaticky ukládají při ukončování aplikace a načítají při spouštění.

Zdrojový kód aplikace je tvořen více jak 3 680 řádky a výsledný spustitelný soubor má velikost přibližně 768 kB.

Závěr

V rámci této práce byl navržen diagnostický přístroj pro primární sběrnici Installbus společnosti Enika. Stěžejní část této práce se zabývala tvorbou programu pro řídicí procesor tohoto přístroje a vytvořením uživatelsky příjemné aplikace pro počítače s operačním systémem Windows. Zmíněný přístroj dovede sledovat komunikaci na sběrnici a zpracovávat přenášené datové zprávy. Dále je vybaven A/D převodníky pro možnost měření napětí na jednotlivých linkách sběrnice. Měřená napětí v definovaných okamžicích a dobu trvání jednotlivých částí komunikace lze zobrazit na displeji LCD umístěném v přístroji. Přístroj je též vybaven funkcí jednoduchého testu sběrnice, při kterém kontroluje překročení několika málo vybraných měřených hodnot.

V součinnosti přístroje s uživatelskou aplikací IB-Diag lze sledovat a následně i zobrazovat přenášené zprávy po primární sběrnici Installbus. Propojení počítače s přístrojem je realizováno přes rozhraní USB. Přes toto rozhraní lze též provádět aktualizaci řídicího programu přístroje.

Fyzickou realizaci přístroje zajistila společnost Enika. Bylo vytvořeno několik vzorkových kusů přístroje. Ty jsou používány ve vývojovém oddělení společnosti při ověřování a ladění ostatních prvků sběrnice. Během tohoto zkušebního používání byly odhaleny chyby některých prvků sběrnice včetně diagnostického přístroje. Nalezené chyby byly následně opraveny. V budoucnu by měli tento přístroj používat i technici oživující instalace systému Installbus.

Stávající řídicí program přístroje obsahuje pouze základní funkce pro měření a sledování zpráv. Kód programu i uživatelské aplikace jsou vytvořeny s ohledem na možnost snadného rozšíření o další funkce. Těmito dalšími funkcemi by mohlo být např. simulování některého z prvků sběrnice, zobrazování přenášených zpráv na displeji přístroje. Autor tedy předpokládá, že se na vývoji tohoto přístroje bude i nadále pokračovat.

Seznam použité literatury

- [1] *ABB s.r.o. Elektro-Praga* [online]. [cit. 13.4.2007]. Dostupné na www: <<http://www.abb-epj.cz>>.
- [2] *INELS* [online]. [cit. 13.4.2007]. Dostupné na www: <<http://www.inels.cz>>.
- [3] *Manuál Nikobus* [online]. Moeller. [cit. 13.4.2007]. Dostupné na www: <<http://www.moeller.cz/pdf/manual%20nikobus.pdf>>.
- [4] **Enika**. *Bezdrátové ovládání – systém BOSys* [online]. [cit. 14.4.2007]. Dostupné na www: <<http://www.enika.cz/cz/instalacni-elektronika/bezdratove-ovladani---system-bosys.html>>.
- [5] *Komunikace Installbus 4.1*. Enika spol. s r.o., Nová Paka, 2007. 15.1.2007. 21 s. Interní materiál.
- [6] *Application Note 27* [online]. Maxim/Dallas Semiconductor, 2001. [cit. 30.4.2007]. Dostupné na www: <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/AN27.pdf>>.
- [7] *Sdělovací kabel vnitřní typu YCYM* [online]. Kablo Elektro. [cit. 21.4.2007]. Dostupné na www: <http://www.kabloelektro.cz/CZ/katalog_sdelov/92.htm>.
- [8] *P89LPC933/934/935/936 datasheet* [online]. Philips Semiconductors. [cit. 20.4.2007]. Dostupné z www: <http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/P89LPC933_934_935_936_6.pdf>.
- [9] *P89LPC933/934/935/936 User manual* [online]. Philips Semiconductors. [cit. 20.4.2007]. Dostupné z www: <http://www.nxp.com/acrobat/usermanuals/UM10116_2.pdf>.
- [10] *Si2308DS datasheet* [online]. Vishay. [cit. 19.4.2007]. Dostupné z www: <<http://www.vishay.com/docs/70797/70797.pdf>>.
- [11] *EA DOG-M* [online]. Electronic Assembly. [cit. 15.4.2007]. Dostupné z www: <<http://www.lcd-module.de/deu/pdf/doma/gog-m.pdf>>.
- [12] **MATOUŠEK D.** *USB PRAKTICKY s obvody FTDI – 1. díl*. 1. vydání. BEN – Technická literatura, Praha, 2003. 272 s., 1 CD-ROM. ISBN 80-7300-103-9
- [13] **VACEK Václav.** *UČEBNICE PROGRAMOVÁNÍ ATMEL S JÁDREM 8051*. 1. vydání. BEN – Technická literatura, Praha, 2001. ISBN 80-7300-043-1
- [14] **TEIXEIRA S. - PACHEO X.** *Borland Delphi: průvodce vývojáře, kniha II*. Přeložili Vladimír Bodeček, Petr Macháček. 1. vydání. UNIS Publishing s.r.o., Brno, 1999. 288 s. ISBN 80-86097-28-5
- [15] **TEIXEIRA S. - PACHEO X.** *Borland Delphi: průvodce vývojáře, kniha III*. Přeložili Vladimír Bodeček, Petr Macháček. 1. vydání. UNIS Publishing s.r.o., Brno, 1999. 256 s. ISBN 80-86097-35-8
- [16] **TEIXEIRA S. - PACHEO X.** *Borland Delphi: průvodce vývojáře, kniha IV*. Přeložili Vladimír Bodeček, Petr Macháček. 1. vydání. UNIS Publishing s.r.o., Brno, 1999. 288 s. ISBN 80-86097-36-6
- [17] **SVOBODA Luděk et al.** *1001 tipů a triků pro Delphi*. 2. vydání. Computer Press, Praha, 2002. ISBN 80-7226-529-6.
- [18] **Václav Vacek.** *SÉRIOVÁ KOMUNIKACE VE WIN32*. 1. vydání. BEN – Technická literatura, Praha, 2003. ISBN 80-7300-086-5.

Příloha A - Schéma zapojení horní desky spojů přístroje

Příloha B - Schéma zapojení dolní desky spojů přístroje